ORTAÖĞRETİM

KİMYA 12

DERS KİTABI

YAZARLAR

Kenan ÇİÇEK
Murat DEMİROL
Orhan BOZYİL
Osman DANIŞMAN
Serhat YILDIZ

DEVLET KİTAPLARI
İKİNCİ BASKI
………………………, 2019

MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI YAYINLARI ....: 6792
DERS KİTAPLARI DİZİSİ ....: 1797

DİL UZMANI

Ahmet ASLAN
Sami DEMİRBAĞ

GÖRSEL TASARIM UZMANI

Esra ÇALHAN
Kadir KAHRAMAN
Selahattin ÇEKCEN

GRAFİK TASARIM UZMANI

Adem GÜNEŞ
Selahattin ÇEKCEN

ISBN 978-975-11-4703-5

Millî Eğitim Bakanlığı, Talim ve Terbiye Kurulunun 28.05.2018 gün ve 78 sayılı kararı ile ders kitabı olarak kabul edilmiş, Destek Hizmetleri Genel Müdürlüğünün 28.05.2019 gün ve 10443977 sayılı yazısı ile ikinci defa 73.848 adet basılmıştır.



İSTİKLÂL MARŞI

Korkma, sönmez bu şafaklarda yüzen al sancak;
Sönmeden yurdumun üstünde tüten en son ocak.
O benim milletimin yıldızıdır, parlayacak;
O benimdir, o benim milletimindir ancak.

Çatma, kurban olayım, çehreni ey nazlı hilâl!
Kahraman ırkıma bir gül! Ne bu şiddet, bu celâl?
Sana olmaz dökülen kanlarımız sonra helâl.
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl.

Ben ezelden beridir hür yaşadım, hür yaşarım.
Hangi çılgın bana zincir vuracakmış? Şaşarım!
Kükremiş sel gibiyim, bendimi çiğner, aşarım.
Yırtarım dağları, enginlere sığmam, taşarım.

Garbın âfâkını sarmışsa çelik zırhlı duvar,
Benim iman dolu göğsüm gibi serhaddim var.
Ulusun, korkma! Nasıl böyle bir imanı boğar,
Medeniyyet dediğin tek dişi kalmış canavar?

Arkadaş, yurduma alçakları uğratma sakın;
Siper et gövdeni, dursun bu hayâsızca akın.
Doğacaktır sana va'dettiği günler Hakk'ın;
Kim bilir, belki yarın, belki yarından da yakın.

Bastığın yerleri toprak diyerek geçme, tanı:
Düşün altındaki binlerce kefensiz yatanı.
Sen şehit oğlusun, incitme, yazıktır, atanı:
Verme, dünyaları alsan da bu cennet vatanı.

Kim bu cennet vatanın uğruna olmaz ki feda?
Şüheda fışkıracak toprağı sıksan, şüheda!
Cânı, cânânı, bütün varımı alsın da Huda,
Etmesin tek vatanımdan beni dünyada cüda.

Ruhumun senden İlâhî, şudur ancak emeli:
Değmesin mabedimin göğsüne nâmahrem eli.
Bu ezanlar -ki şehadetleri dinin temeli-
Ebedî yurdumun üstünde benim inlemeli.

O zaman vecd ile bin secde eder -varsa- taşım,
Her cerîhamdan İlâhî, boşanıp kanlı yaşım,
Fışkırır ruh-ı mücerret gibi yerden na'şım;
O zaman yükselerek arşa değer belki başım.

Dalgalan sen de şafaklar gibi ey şanlı hilâl!
Olsun artık dökülen kanlarımın hepsi helâl.
Ebediyyen sana yok, ırkıma yok izmihlâl;
Hakkıdır hür yaşamış bayrağımın hürriyet;
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl!

Mehmet Âkif Ersoy

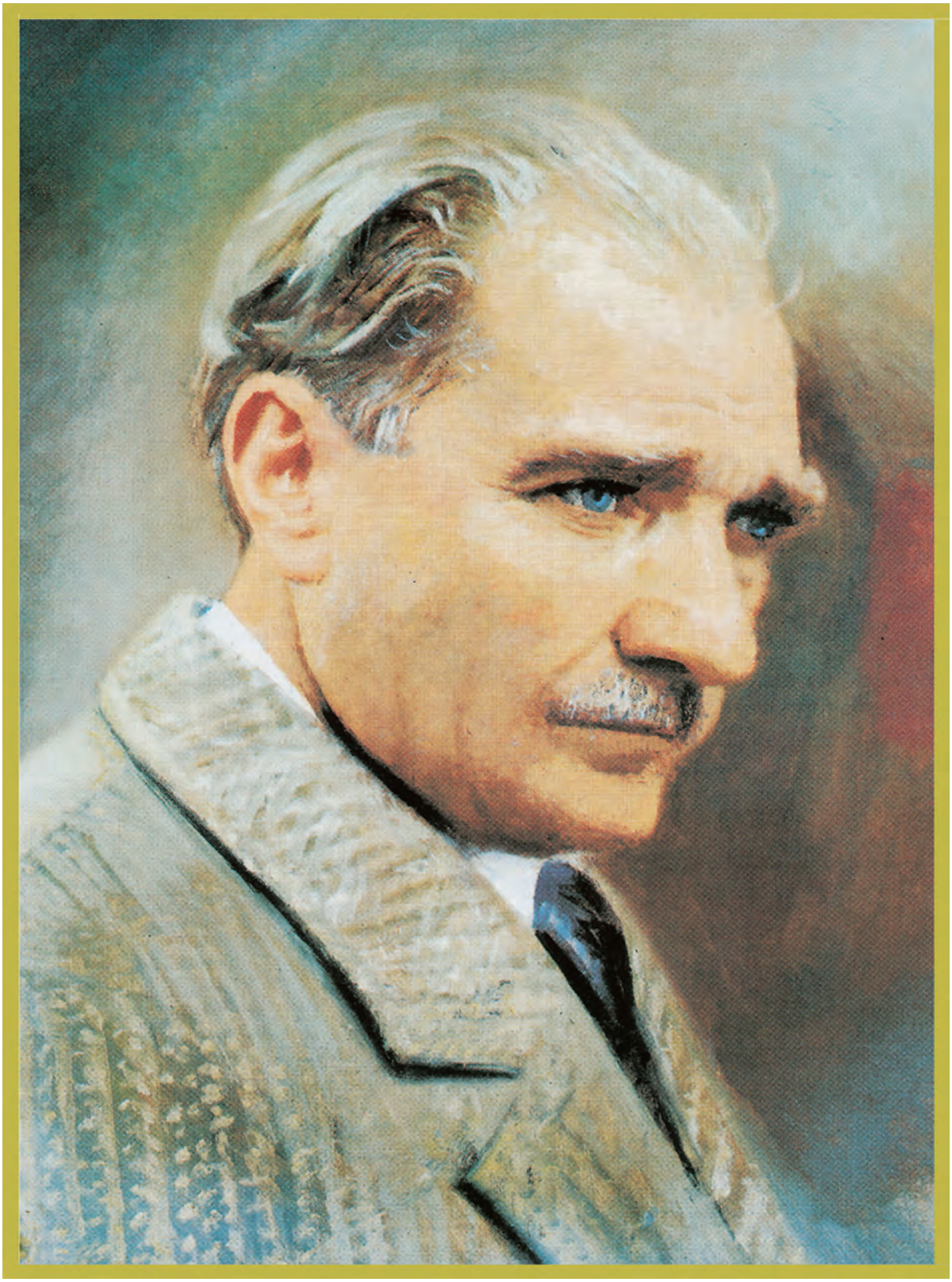
GENÇLİĞE HİTABE

Ey Türk gençliği! Birinci vazifen, Türk istiklâlini, Türk Cumhuriyetini, ilelebet muhafaza ve müdafaa etmektir.

Mevcudiyetinin ve istikbalinin yegâne temeli budur. Bu temel, senin en kıymetli hazinendir. İstikbalde dahi, seni bu hazineden mahrum etmek isteyecek dâhilî ve hâricî bedhahların olacaktır. Bir gün, istiklâl ve cumhuriyeti müdafaa mecburiyetine düşersen, vazifeye atılmak için, içinde bulunacağın vaziyetin imkân ve şeraitini düşünmeyeceksin! Bu imkân ve şerait, çok namüsait bir mahiyette tezahür edebilir. İstiklâl ve cumhuriyetine kastedecek düşmanlar, bütün dünyada emsali görülmemiş bir galibiyetin mümessili olabilirler. Cebren ve hile ile aziz vatanın bütün kaleleri zapt edilmiş, bütün tersanelerine girilmiş, bütün orduları dağıtılmış ve memleketin her köşesi bilfiil işgal edilmiş olabilir. Bütün bu şeraitten daha elîm ve daha vahim olmak üzere, memleketin dâhilinde iktidara sahip olanlar gaflet ve dalâlet ve hattâ hıyanet içinde bulunabilirler. Hattâ bu iktidar sahipleri şahsî menfaatlerini, müstevlîlerin siyasî emelleriyle tevhit edebilirler. Millet, fakr u zaruret içinde harap ve bîtap düşmüş olabilir.

Ey Türk istikbalinin evlâdı! İşte, bu ahval ve şerait içinde dahi vazifen, Türk istiklâl ve cumhuriyetini kurtarmaktır. Muhtaç olduğun kudret, damarlarındaki asil kanda mevcuttur.

Mustafa Kemal Atatürk

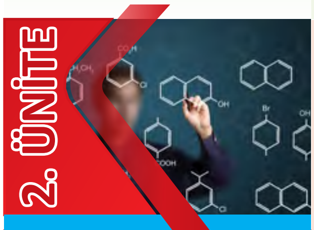


MUSTAFA KEMAL ATATÜRK

İÇİNDEKİLER



KİMYA VE ELEKTRİK



KARBON KİMYASINA GİRİŞ



ORGANİK BİLEŞİKLER



ENERJİ KAYNAKLARI VE BİLİMSEL GELİŞMELER

Ünite Karekodu

Bölüm Numarası ve Adı

Bölüm Konu Başlıkları

Bölüm Anahtar Kavramları

Ünite Numarası ve Adı

Ünitenin Bölümleri



Sayfa Numarası

Ünite Giriş Soruları

Bölüm Giriş Yazısı

Alt Konu Başlığı

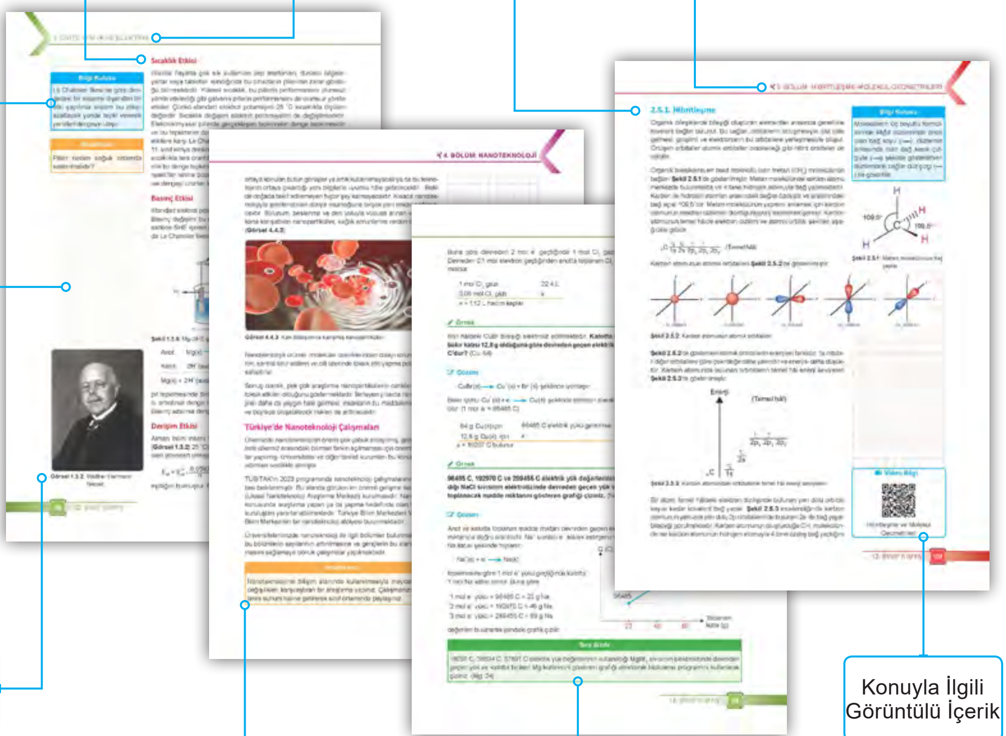
Ünite Numarası ve Adı

Konuyla İlgili Ek Bilgiler

Bölüm Konu Başlıkları

Bölüm Numarası ve Adı

Not Alma ve Çözüm Alanı

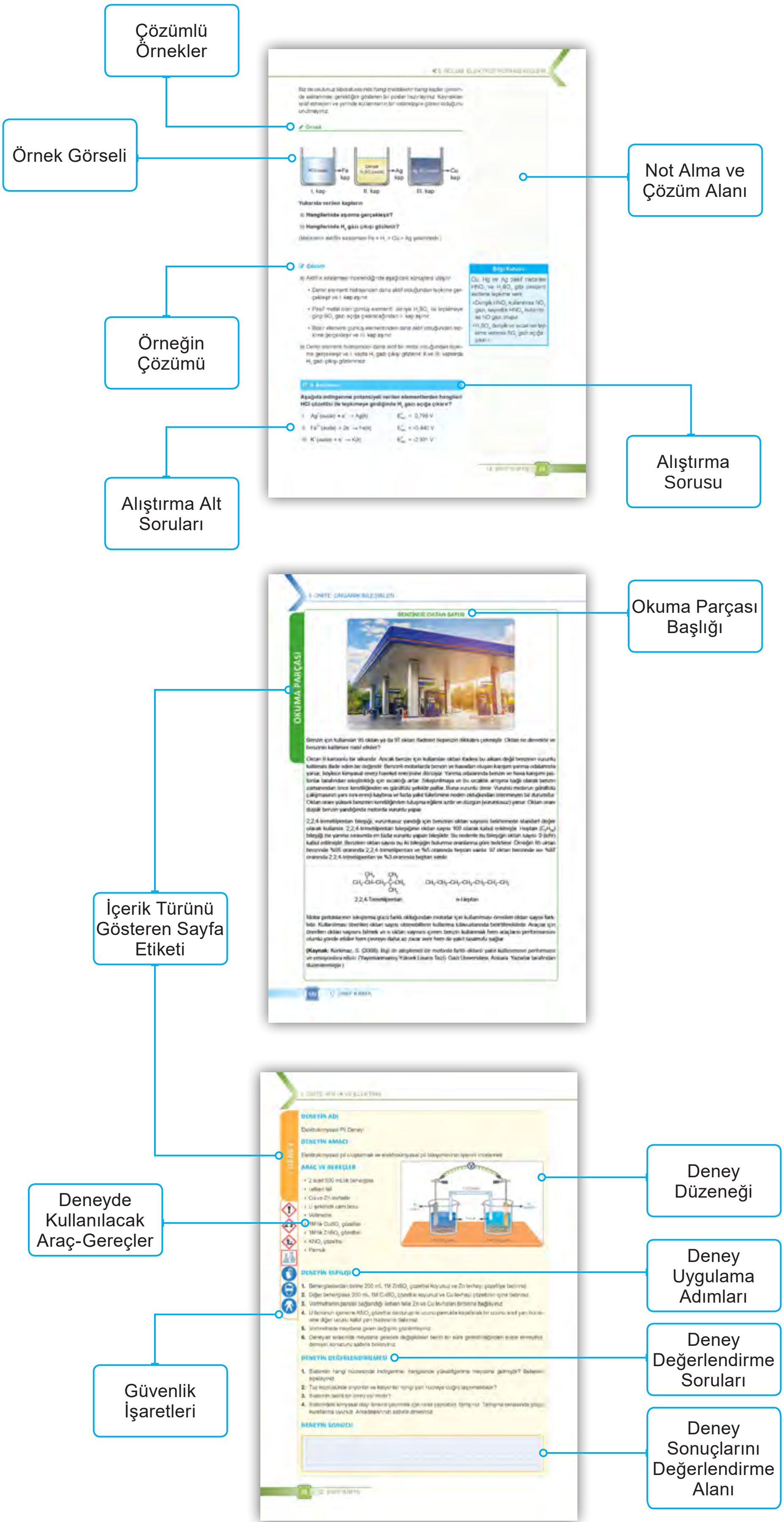


Konu Görseli ve Görselin Açıklaması

Konuyla İlgili Görüntülü İçerik

Bilgileri Pekiştirici Sınıf Dışı Araştırma Çalışmaları

Bilgileri Pekiştirici Sınıf Dışı Çalışma



Çözümlü Örnekler
Örnek Görseli
Not Alma ve Çözüm Alanı
Örneğin Çözümü
Alıştırma Sorusu
Alıştırma Alt Soruları
Okuma Parçası Başlığı
İçerik Türünü Gösteren Sayfa Etiketi
Deney Düzeneği
Deneyde Kullanılacak Araç-Gereçler
Deney Uygulama Adımları
Deney Değerlendirme Soruları
Güvenlik İşaretleri
Deney Sonuçlarını Değerlendirme Alanı

Kitapta Yer Alan Bazı Kavramlar ve Açıklamaları



Kitabın Yazımında Kullanılan Yazılı ve Görsel Kaynaklar



Kitapta Yer Alan Soruların Cevap Anahtarları

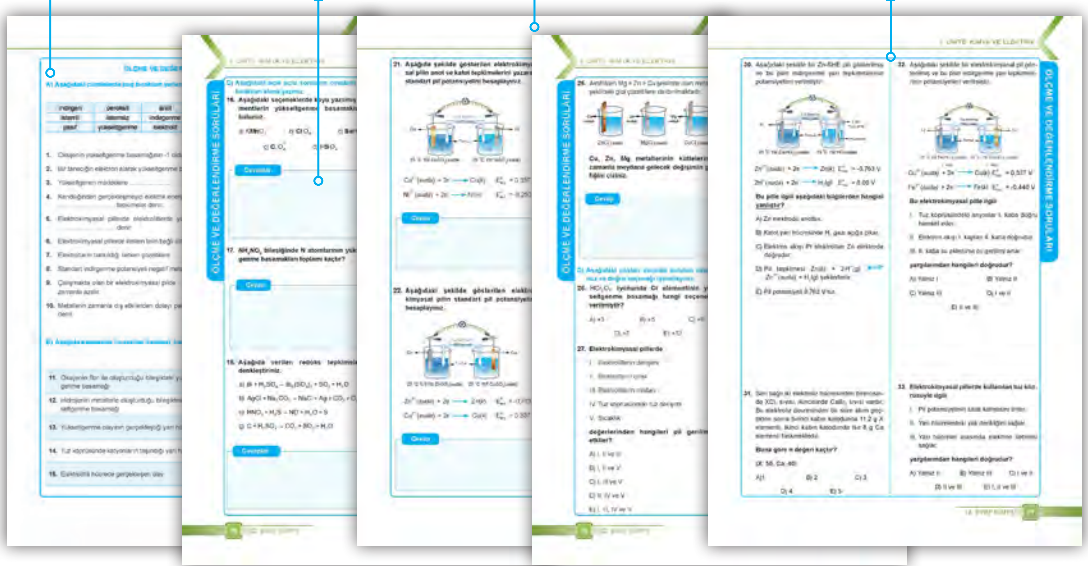


Ünite Sonlarında Yer Alan Ölçme ve Değerlendirme Sorularının Bölüm Başlıkları

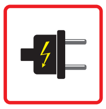
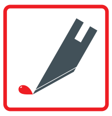
Açık Uçlu Soruları Cevaplandırma Alanı

Ünite Sonlarında Yer Alan Ölçme ve Değerlendirme Soruları

Çoktan Seçmeli Sorular



LABORATUVAR GÜVENLİK İŞARETLERİ

	**Isı Güvenliği:** Isıya dayanıklı eldiven kullanılmalıdır.		**Elektrik Güvenliği:** Elektrik şehir hattından alınmalı, güç kaynağı kullanırken iletken kısımlara dokunulmamalıdır.
	**Göz Güvenliği:** Koruyucu gözlük ve maske kullanılarak yüz ve gözler tehlikelere karşı korunmalıdır.		**Çevreye Zararlı Madde:** Kullanılan maddeler kimyasal atıkların tabi olduğu kurallara göre imha edilmelidir.
	**Elbise Güvenliği:** Kullanılan maddelerin aşındırıcı etkisinden korunmak için önlük veya tulum kullanılmalıdır.		**Aşındırıcı (Korozif) Madde:** Metalleri ve canlı dokuları aşındırabileceğinden canlı dokuları ve araç-gereçleri korumak için önlemler alınmalıdır.
	**Duman Güvenliği:** Kimyasal maddeler zararlı gazlar içerebileceğinden veya kimyasal reaksiyonlar sonucu zararlı gazlar oluşabileceğinden maske kullanılmalıdır.		**Zehirli (Toksik) Madde:** Ağız, solunum veya deriden vücuda geçerek zehirli etki yapabilir. İnsan vücudu ile teması engellenmelidir. Zehirlenme belirtileri görüldüğünde tıbbi yardım alınmalıdır.
	**Kesici/Delici Cisim Güvenliği:** Yaralanmalara yol açabileceğinden kesici ve delici araç-gereçler kullanılırken dikkatli olunmalıdır.		**Tahriş Edici Madde:** Alerjik deri reaksiyonlarına neden olabileceğinden vücut ve gözle temas ettirilmemeli, koruyucu giysi giyilmelidir.
	**Sıcak Cisim Güvenliği:** Isıtıcı kullanılırken ya da sıcak yüzeylerle çalışılırken el, ayak ve diğer organların yanmaması için önlem alınmalıdır.		**Yakıcı (Oksitleyici) Madde:** Yakıcı maddelerin yanıcı maddelerle teması önlenmelidir.
	**Kırılabilir Cam Güvenliği:** Kırılabilir cam malzemeler kullanıldığından aşırı ısıtılmaya ve ani sıcaklık değişimlerine maruz bırakılmamalıdır.		**Yanıcı Madde:** Kolay tutuşan ve tutuştuğu zaman söndürülmesi zor olan maddelerdir. Çıplak ateşten, statik elektrik bölgelerinden, kıvılcımlardan ve ısı kaynaklarından uzak tutulmalıdır.
	**Yangın Güvenliği:** Yangın çıkmaması için gerekli önlemler alınmalıdır.		**Patlayıcı Madde:** Ateş, kıvılcım ve sıcaklıktan uzak tutulmalıdır.

LABORATUVAR KURALLARI

- Öğretmenlerinizin uyarı ve önerilerini dikkate alınız.
- Çalışmalar sırasında önlüğünüzü giyiniz ve eldivenlerinizi takınız. Gerekli hâllerde laboratuvar gözlüğü kullanınız.
- Yakınınızda yapılmakta olan deneylerden haberdar olunuz.
- Deney düzeneklerini daima en uygun yere kurunuz.
- Cam malzemeler çabuk kırılabildiğinden bu tür malzemeleri dikkatli kullanınız.
- Üzerinde etiketi olmayan kimyasalları kullanmayınız.
- Uçucu kimyasalları kapalı kaplarda saklayınız.
- Kimyasal maddeleri hiçbir zaman laboratuvar dışına çıkarmayınız.
- Alev alıcı sıvılardan kullanacağınız kadarını deney ortamında bulundurunuz.
- Deneylerde oluşabilecek dumanı solumayınız.
- Asidi, suya azar azar karıştırarak ilave ediniz. Kesinlikle asidin üzerine su ilave etmeyiniz.
- Kimyasal maddeleri koklamayınız.
- Pipetleri puar ile kullanınız.
- Cildinize kimyasal madde sıçrarsa kimyasalın özelliğine uygun bir madde ile en çabuk şekilde temizleyiniz.
- Kimyasallara temas etmeniz hâlinde yüzünüze dokunmadan önce ellerinizi sabun ve bol suyla yıkayınız.
- Laboratuvarda yiyecek ve içecek bulundurmayınız.
- Özel eşyalarınızı laboratuvar tezgâhının üzerine koymayınız.
- Laboratuvar çalışmaları sırasında gerekirse bone kullanınız.
- Kimyasal maddeleri kullanarak şakalaşmayınız.

1. ÜNİTE

KİMYA VE ELEKTRİK



Üniteye Başlarken

- Pil ve batarya gibi taşınabilir enerji kaynaklarının icadı teknolojik aletlerin gelişimini nasıl etkilemiştir?
- Cep telefonunuz ya da tabletiniz yoğun kullanım sonrasında ısınıyor mu? Bunun sebebini düşündünüz mü? Bu durum cihazınızın performansını etkiliyor mu?
- Laboratuvarda kimyasal maddeler neden genellikle cam ve plastik kaplarda saklanırken metal kaplarda saklanmaz?
- Mutfakta kullanılan metal eşyalar neden krom ya da gümüşle kaplanır?

Bu ünitede günümüz dünyasında büyük bir öneme sahip elektrik enerjisinin üretilmesi için geliştirilen kimyasal yöntemleri görecek ve konuyla ilgili temel kavramları öğreneceksiniz.

1. BÖLÜM

İNDİRGENME-YÜKSELTGENME TEPKİMELERİNDE ELEKTRİK AKIMI

Konular

1.1.1. İndirgenme-Yükseltgenme (Redoks) Tepkimeleri
1.1.2. Redoks Tepkimelerinin Denkleştirilmesi
1.1.3. Elektrik Enerjisi ve İstemlilik

Anahtar Kavramlar

- İndirgenme
- Yükseltgenme
- Redoks

Nobel Ödüllü bilim insanı Prof. Dr. Aziz Sancar, “Nobel en büyük hayaliniz miydi?” sorusuna “En büyük hayalin Nobel olması çok yanlış bir şey. En büyük hayal meraktır, bir şeyler keşfetmektir, tabiatın sırrını çözmektir, bir ilaç sentezlemektir; memleketine, ailesine, insanlığa yararlı işler yapmaktır. Nobel onun bir yan ürünüdür.” cevabını vermiştir.

Yiyeceklerin küflenmesi, mayalanma, yaprakların sararması, şimşek çakması, orman yangınları gibi doğal olayların sebebini bulmaya çalışan insanoğlu fen bilimlerinin temelini atmış; bu temeller üzerine inşa edilen bilim, insanoğlunu bugünkü seviyeye ulaştırmıştır.

Birer kimyasal tepkime türü olan yukarıdaki olayların sebebinin merak edilmesi kimya biliminin ortaya çıkmasını sağlamıştır.

Bu bölümde kimyasal tepkimelerin bir türü olan redoks tepkimelerini; indirgenme, yükseltgenme kavramlarını ve redoks tepkimelerinin denkleştirilmesini öğreneceksiniz. İndirgen ve yükseltgen maddeleri tanıyacaksınız. İndirgenme ve yükseltgenme olayları sırasında gerçekleşen elektron alışverişinin hangi şartlarda mümkün olduğunu ve bu olayla elektrik enerjisi arasındaki ilişkiyi öğrenecek, redoks tepkimelerinin istemliliği ile elektrik enerjisi arasındaki ilişkiyi inceleyeceksiniz.

1.1.1. İndirgenme-Yükseltgenme (Redoks) Tepkimeleri

Kimyasal tepkimeler; yeni bağ oluşumu, mevcut bağların kırılması, proton (H^+) aktarımı, iyonların yer değiştirmesi ya da elektron alışverişi gibi olaylar sonucu gerçekleşir. Bu bölümde elektron alışverişi ile gerçekleşen tepkimeleri öğreneceksiniz. Bu tepkimelerde indirgenme ve yükseltgenme adı verilen iki ayrı olay gerçekleşir. Bir atom ya da iyonun e^- (elektron) almasıyla gerçekleşen olaya **indirgenme**, bu olayın gösterildiği tepkimeye **indirgenme yarı tepkimesi** denir. Örneğin,

$$2H^+(suda) + 2e^- \longrightarrow H_2^0(g)$$

tepkimesinde H^+ iyonu e^- alarak indirgenmiştir. İndirgenme olayında taneciğin yükseltgenme basamağı küçülür.

$$Zn^{2+}(suda) + 2e^- \longrightarrow Zn^0(k)$$
$$Fe^{3+}(suda) + 3e^- \longrightarrow Fe^0(k)$$
$$Cl_2^0(g) + 2e^- \longrightarrow 2Cl^-(suda)$$

Yukarıda verilen tepkimeler indirgenme yarı tepkimeleridir.

Bir atom ya da iyonun e^- vermesiyle gerçekleşen olaya **yükseltgenme**, bu olayın gösterildiği tepkimeye **yükseltgenme yarı tepkimesi** denir. Örneğin,

$$Zn^0(k) \longrightarrow Zn^{2+}(suda) + 2e^-$$

tepkimesinde Zn elementi 2 elektron vererek yükseltgenmiştir. Yükseltgenme olayında taneciğin yükseltgenme basamağı büyür.

$$H_2^0(g) \longrightarrow 2H^+(suda) + 2e^-$$
$$Al^0(k) \longrightarrow Al^{3+}(suda) + 3e^-$$
$$2F^-(suda) \longrightarrow F_2^0(g) + 2e^-$$

Yukarıdaki tepkimeler yükseltgenme yarı tepkimeleridir.

Çevrenizde gerçekleşen tepkimeleri incelediğinizde büyük bir kısmında indirgenme ve yükseltgenme yarı tepkimelerinin gerçekleştiğini görürsünüz. Örneğin odunun yanması (Görsel 1.1), metallerin paslanması (Görsel 1.2), bileşiklerin elementlerine ayrışması bu tepkimelere birer örnektir.



Görsel 1.1: Odunun yanması

Aşağıda bu tepkimelerin denklemleri gösterilmiştir.

$$CH_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2O(s) \quad \text{(Yanma tepkimesi)}$$

$$2Fe(k) + \frac{3}{2}O_2(g) \longrightarrow Fe_2O_3(k) \quad \text{(Yanma tepkimesi)}$$

$$2H_2O(s) \xrightarrow{\text{Elektrik enerjisi}} 2H_2(g) + O_2(g) \quad \text{(Suyun elementlerine ayrışması)}$$



Görsel 1.2: Demirin paslanması

Elektron alışverişiyle meydana gelen indirgenme ve yükseltgenme tepkimeleri aynı anda gerçekleştiğinden bu yarı tepkimeler birbirinden

Bilgi Kutusu

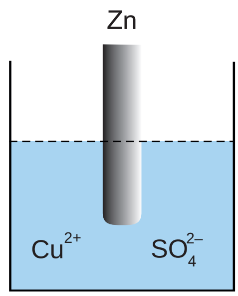
Redoks kelimesi, redüksiyon (indirgenme) ve oksidasyon (yükseltgenme) kelimelerinin kısaltılıp birleştirilmesi ile elde edilmiş bir terimdir. Bu terim elektron alışverişinin gerçekleştiği tepkimeleri belirtmek için kullanılır.

Video Bilgi

Yaygın Yükseltgen ve İndirgen Maddeler

bağımsız düşünülemez. İndirgenme ve yükseltgenme yarı tepkimelerinin toplamından oluşan tepkimelere **indirgenme-yükseltgenme (redoks) tepkimesi** denir. İndirgenme-yükseltgenme tepkimelerinde alınan ve verilen elektron sayıları eşittir.

Örneğin içerisinde $CuSO_4$ çözeltisi bulunan cam kaba Zn metali daldırıldığında Zn metali ve çözeltideki Cu^{2+} iyonları arasında redoks tepkimesi gerçekleşir (Şekil 1.1).



Şekil 1.1: $CuSO_4$ çözeltisine batırılmış Zn metali

Bu tepkime incelendiğinde yükseltgenme ve indirgenme yarı tepkimeleri ile redoks tepkimesi aşağıdaki gibi gösterilir.

İndirgenme yarı tepkimesi:	$Cu^{2+}(suda) + 2e^- \rightarrow Cu^0(k)$
Yükseltgenme yarı tepkimesi:	$Zn^0(k) \rightarrow Zn^{2+}(suda) + 2e^-$
Redoks tepkimesi (Net tepkime):	$Zn^0(k) + Cu^{2+}(suda) \rightleftharpoons Zn^{2+}(suda) + Cu^0(k)$

Yukarıdaki tepkimede Cu^{2+} iyonları Zn metalinden elektron alarak indirgenirken Zn metalinin Zn^{2+} iyonuna yükseltgenmesine sebep olur. Cu^{2+} iyonları Zn metalini yükseltgediğinden yükseltgen özellik gösterir. Zn metali elektron vererek Cu^{2+} iyonlarını indirgediğinden indirgen özellik gösterir. Tepkimelerde elektron alarak indirgenen taneciklere **yükseltgen**, elektron vererek yükseltgenen taneciklere **indirgen** denir.

O_2, $KMnO_4$, H_2SO_4, HNO_3 ve H_2O_2 bazı yaygın yükseltgenlerdir. Bu maddeler redoks tepkimelerinde indirgendiklerinden yükseltgen olarak etki eder.

$$C^0(k) + O_2(g) \rightarrow \overset{4+}{C}O_2(g)$$

tepkimesinde oksijen gazı karbon atomunu 0'dan +4'e yükseltgemiştir.

$$2KMnO_4(suda) + 16H\overset{-}{Cl}(suda) \rightarrow 2KCl(suda) + 2MnCl_2(suda) + 8H_2O(s) + 5\overset{0}{Cl_2}(g)$$

tepkimesinde $KMnO_4$ bileşiği Cl^- iyonunu -1'den 0'a yükseltgemiştir

$$2Ag^0(k) + 2H_2SO_4(suda) \rightarrow \overset{+}{Ag_2}SO_4(suda) + SO_2(g) + 2H_2O(s)$$

tepkimesinde H_2SO_4 bileşiği Ag atomunu 0'dan +1'e yükseltgemiştir.

$$3\overset{0}{Cu}(k) + 8HNO_3(suda) \longrightarrow 3\overset{2+}{Cu}(NO_3)_2(suda) + 2NO(g) + 4H_2O(s)$$

tepkimesinde HNO_3 bileşiği Cu atomunu 0'dan +2'ye yükseltgemiştir.

$$2\overset{2+}{Fe}Cl_2(k) + H_2O_2(s) + 2HCl(suda) \longrightarrow 2\overset{3+}{Fe}Cl_3(k) + 2H_2O(s)$$

tepkimesinde H_2O_2 bileşiği Fe^{2+} iyonunu +2'den +3'e yükseltgemiştir.

H_2 ve SO_2 maddeleri yaygın kullanılan indirgenlerdir. Bu maddeler redoks tepkimelerinde yükseltgendiklerinden indirgen olarak etki ederler.

$$\overset{4+}{C}O_2(g) + 4H_2(g) \longrightarrow \overset{4-}{C}H_4(g) + 2H_2O(s)$$

tepkimesinde H_2 gazı C atomunu +4'ten -4'e indirgemiştir.

$$2K\overset{7+}{Mn}O_4(k) + 5SO_2(g) + 2H_2O(s) \longrightarrow K_2SO_4(suda) + 2\overset{2+}{Mn}SO_4(suda) + 2H_2SO_4(suda)$$

tepkimesinde SO_2 bileşiği Mn atomunu +7'den +2'ye indirgemiştir.

Örnek

$$Mg(k) + 2Ag^{+}(suda) \longrightarrow Mg^{2+}(suda) + 2Ag(k)$$

Yukarıdaki redoks tepkimesinde indirgen ve yükseltgen maddeleri bulunuz.

Çözüm

Girenler kısmındaki Mg elementinin yükseltgenme basamağı 0, ürünlerde ise +2 olduğundan Mg elementi $2e^-$ vererek yükseltgenmiştir.

Yükseltgenme yarı tepkimesi: $Mg(k) \longrightarrow Mg^{2+}(suda) + 2e^-$

Girenler kısmındaki Ag^+ iyonunun yükseltgenme basamağı +1, ürünlerde ise 0 olduğundan Ag^+ iyonu e^- alarak indirgenmiştir.

İndirgenme yarı tepkimesi: $Ag^{+}(suda) + e^- \longrightarrow Ag(k)$

Ag^+ iyonu elektron alarak indirgendiği için yükseltgen, Mg katısı elektron vererek yükseltgendiği için indirgen maddedir.

1. Alıştırma

Aşağıdaki tepkimelerin türünü ilgili alana "X" ile işaretleyiniz.

Tepkime	Yükseltgenme Yarı Tepkimesi	İndirgenme Yarı Tepkimesi
$Mg^0(k) \longrightarrow Mg^{2+}(suda) + 2e^-$		
$F_2^0(g) + 2e^- \longrightarrow 2F^-(suda)$		
$Fe^{3+}(suda) + e^- \longrightarrow Fe^{2+}(suda)$		

2. Alıştırma

$Fe(k) + Cu^{2+}(suda) \longrightarrow Fe^{2+}(suda) + Cu(k)$

tepkimesinde indirgen ve yükseltgen maddeleri bulunuz.

Cevap

Video Bilgi

Yükseltgenme Basamaklarının Hesaplanması

Yükseltgenme Basamağı

Bir taneciğin (atom ya da iyon) tek başına veya bileşik içerisinde sahip olduğu yüke o taneciğin **yükseltgenme basamağı** denir. Bir taneciğin indirgendiği ya da yükseltgendiği yükseltgenme basamağındaki değişime bakılarak anlaşılır.

Yükseltgenme basamakları aşağıdaki kurallara göre bulunur:

1. Element hâlindeki atom ya da moleküllerin yükseltgenme basamakları sıfırdır.
   Na^{0}, O_2^{0}, H_2^{0}, Fe^{0}, S^{0} vb.

2. 1A grubu metalleri, bileşiklerinde daima +1 yükseltgenme basamağına sahiptir.
   Li^{+}, Na^{+}, K^{+} vb.

3. 2A grubu elementleri, bileşiklerinde +2 yükseltgenme basamağına sahiptir.
   Be^{2+}, Mg^{2+}, Ca^{2+} vb.

4. Hidrojen, ametallerle yaptığı bileşiklerde +1 yükseltgenme basamağına sahiptir.
   $\overset{+}{H}_2\overset{2-}{O}$, $\overset{4-}{C}\overset{+}{H}_4$, $\overset{+}{H}\overset{-}{Cl}$ vb.

5. Hidrojen, metallerle yaptığı hidrür bileşiklerinde -1 yükseltgenme basamağına sahiptir.
   $\overset{+}{Li}\overset{-}{H}$, $\overset{2+}{Mg}\overset{-}{H}_2$, $\overset{+}{Na}\overset{-}{H}$ vb.

6. Oksijen, bileşiklerinde genellikle -2 yükseltgenme basamağına sahiptir.
   $\overset{+}{H}_2\overset{2-}{O}$, $\overset{2+}{Mg}\overset{2-}{O}$, $\overset{4+}{C}\overset{2-}{O}_2$, $\overset{5+}{N}_2\overset{2-}{O}_5$ vb.

7. Oksijen, peroksit bileşiklerinde -1 yükseltgenme basamağına sahiptir.
   $\overset{+}{H}_2\overset{-}{O}_2$, $\overset{2+}{Mg}\overset{-}{O}_2$, $\overset{+}{Na}_2\overset{-}{O}_2$ vb.

8. Oksijen, flor ile yaptığı bileşikte +2 yükseltgenme basamağına sahiptir.
   $\overset{2+}{O}\overset{-}{F}_2$

9. Flor, bütün bileşiklerinde -1 yükseltgenme basamağına sahiptir.

$\overset{+\,-}{HF}$, $\overset{4+\,-}{CF_4}$, $\overset{3+\,-}{BF_3}$ vb.

10. Bileşiklerde atomların yükseltgenme basamakları toplamı sıfıra, köklerde ise atomların yükseltgenme basamakları toplamı kökün yüküne eşittir.

$CO_2 = (\overset{4+\,2-}{CO_2})^0 \rightarrow (C) + 2 \cdot (O) = (+4) + 2 \cdot (-2) = 0$

$NaCl = (\overset{+\,-}{NaCl})^0 \rightarrow (Na) + (Cl) = (+1) + (-1) = 0$

$KMnO_4 = (\overset{+\,7+\,2-}{KMnO_4})^0 \rightarrow (K) + (Mn) + 4 \cdot (O) = (+1) + (+7) + 4 \cdot (-2) = 0$

$CO_3^{2-} = (\overset{4+\,2-}{CO_3})^{2-} \rightarrow (C) + 3 \cdot (O) = (+4) + 3 \cdot (-2) = -2$

$NH_4^+ = (\overset{3-\,+}{NH_4})^+ \rightarrow (N) + 4 \cdot (H) = (-3) + 4 \cdot (+1) = +1$

$PO_3^{3-} = (\overset{3+\,2-}{PO_3})^{3-} \rightarrow (P) + 3 \cdot (O) = (+3) + 3 \cdot (-2) = -3$

Bazı element ve köklerin yükseltgenme basamakları yandaki tabloda verilmiştir (Tablo 1.1).

Tablo 1.1: Bazı Elementlerin ve Köklerin Yükseltgenme Basamakları

Katyonlar		Anyonlar	
H^+	Zn^{2+}	F^-	SO_3^{2-}
Li^+	Hg^{2+}	Cl^-	CrO_4^{2-}
Na^+	Ni^{2+}	Br^-	$Cr_2O_7^{2-}$
K^+	Cd^{2+}	I^-	MnO_4^{2-}
Ag^+	Mn^{2+}	OH^-	CO_3^{2-}
Cu^+	Al^{3+}	NO_3^-	$C_2O_4^{2-}$
Hg^+	Cr^{3+}	ClO^-	P^{3-}
NH_4^+	Fe^{3+}	ClO_2^-	N^{3-}
Be^{2+}	As^{3+}	ClO_3^-	PO_4^{3-}
Mg^{2+}	Sb^{3+}	ClO_4^-	
Ca^{2+}	Bi^{3+}	MnO_4^-	
Sr^{2+}	Ni^{3+}	CN^-	
Ba^{2+}	Sn^{4+}	O^{2-}	
Cu^{2+}	Pb^{4+}	S^{2-}	
Fe^{2+}	Mn^{4+}	SO_4^{2-}	

Örnek

SO_4^{2-} kökündeki S atomunun yükseltgenme basamağı kaçtır?

Çözüm

Kökü oluşturan elementlerin yükseltgenme basamakları toplamı kökün yüküne eşittir.

$(S) + 4 \cdot (O) = -2$

Oksijenin yükseltgenme basamağı, eşitlikteki yerine yazılır.

$(S) + 4 \cdot (-2) = -2$

$(S) - 8 = -2$

S = +6 bulunur.

Örnek

NH_3 bileşiğinde N atomunun yükseltgenme basamağı kaçtır?

Çözüm

Bileşiklerde atomların yükseltgenme basamakları toplamı sıfıra eşittir.

$(N) + 3 \cdot (H) = 0$

Hidrojenin yükseltgenme basamağı, eşitlikteki yerine yazılır.

$(N) + 3 \cdot (+1) = 0$

N = -3 bulunur.

3. Alıştırma

Aşağıda verilen iyon ve bileşiklerde altı çizili elementlerin yükseltgenme basamaklarını bulunuz.

a) $Ca\underline{O}_2$ b) $H\underline{S}O_3^-$ c) $\underline{N}_2O_3$ ç) $\underline{S}_2O_3^{2-}$ d) $K_2\underline{Cr}_2O_7$

Cevaplar

1.1.2. Redoks Tepkimelerinin Denkleştirilmesi

Redoks tepkimeleri denkleştirilirken aşağıdaki işlem sırası takip edilir.

1. Tepkimeye giren ve tepkimede oluşan maddelerdeki bütün elementlerin yükseltgenme basamakları bulunarak yükseltgenme basamağı değişen elementler belirlenir.
2. Alınan ve verilen elektron sayıları belirlenir.
3. Alınan ve verilen elektronlar uygun katsayılar ile çarpılarak eşitlenir.
4. Elektronların çarpıldığı sayılar, o elektronun ait olduğu elementi içeren taneciğin katsayısı olarak yazılır ve bu şekilde yükseltgenme basamağı değişen elementler denkleştirilir.
5. Yükseltgenme basamağı değişmeyen diğer elementler uygun katsayılar kullanılarak denkleştirilir.

Örnek

$$P + HNO_3 + H_2O \longrightarrow H_3PO_4 + NO$$

Yukarıdaki redoks tepkimesini denkleştiriniz.

Çözüm

I. Yol

1. Bütün elementlerin yükseltgenme basamakları bulunur.

$$P^0 + \overset{+}{H}\overset{5+}{N}\overset{2-}{O}_3 + \overset{+}{H}_2\overset{2-}{O} \longrightarrow \overset{+}{H}_3\overset{5+}{P}\overset{2-}{O}_4 + \overset{2+}{N}\overset{2-}{O}$$

2. Alınan ve verilen elektron sayıları belirlenir.

$$P^0 + H\overset{5+}{N}O_3 + H_2O \longrightarrow H_3\overset{5+}{P}O_4 + \overset{2+}{N}O$$

$5e^-$ vermiş

$3e^-$ almış

3. Verilen elektron sayısı 3, alınan elektron sayısı 5 ile çarpılarak alınan ve verilen elektron sayıları eşitlenir.

$$P^{0} + H\overset{5+}{N}O_3 + H_2O \longrightarrow H_3\overset{5+}{P}O_4 + \overset{2+}{N}O$$

3 x $5e^-$ vermiş

5 x $3e^-$ almış

4. Elektronların çarpıldığı katsayılar, o elektronun ait olduğu elementi içeren taneciğin katsayısı şeklinde yazılarak yükseltgenme basamağı değişen elementler denkleştirilir.

$$3P + 5HNO_3 + H_2O \longrightarrow 3H_3PO_4 + 5NO$$

5. Tepkimedeki diğer elementlerin (H ve O) denkleştirilmesi yapılır. H ve O elementlerinin sayılarını eşitlemek için H_2O bileşiğinin katsayısı 2 olarak yazılır.

$$3P + 5HNO_3 + 2H_2O \longrightarrow 3H_3PO_4 + 5NO$$

II. Yol

Redoks tepkimeleri yarı tepkime metodu ile aşağıdaki gibi denkleştirilir.

1. Tepkimeye giren ve tepkime sonucunda oluşan maddelerdeki bütün elementlerin yükseltgenme basamakları bulunarak indirgenen ve yükseltgenen tanecikler belirlenir.

$$P^{0} + \overset{+}{H}\overset{5+}{N}\overset{2-}{O}_3 + \overset{+}{H}_2\overset{2-}{O} \longrightarrow \overset{+}{H}_3\overset{5+}{P}\overset{2-}{O}_4 + \overset{2+}{N}\overset{2-}{O}$$

2. İndirgenme ve yükseltgenme yarı tepkimeleri yazılır.

İndirgenme yarı tepkimesi: $N^{5+} + 3e^- \longrightarrow N^{2+}$

Yükseltgenme yarı tepkimesi: $P^{0} \longrightarrow P^{5+} + 5e^-$

3. Alınan ve verilen elektron sayılarını eşitlemek için indirgenme yarı tepkimesi 5, yükseltgenme yarı tepkimesi 3 ile çarpılarak tepkimeler taraf tarafa toplanır.

İndirgenme yarı tepkimesi: **5 /** $N^{5+} + 3e^- \longrightarrow N^{2+}$

Yükseltgenme yarı tepkimesi: **3 /** $P^{0} \longrightarrow P^{5+} + 5e^-$

Net Tepkime: $5N^{5+} + 3P^{0} \longrightarrow 5N^{2+} + 3P^{5+}$

4. Bulunan katsayılar tepkime denklemindeki yerlerine yazılır.

$$3P + 5HNO_3 + H_2O \longrightarrow 3H_3PO_4 + 5NO$$

5. Tepkimedeki diğer elementlerin (H ve O) denkleştirilmesi yapılır. H ve O elementlerinin sayılarını eşitlemek için H_2O bileşiğinin katsayısı 2 olarak yazılır.

$$3P + 5HNO_3 + 2H_2O \longrightarrow 3H_3PO_4 + 5NO$$

Örnek

Aşağıda verilen redoks tepkimesini denkleştiriniz.

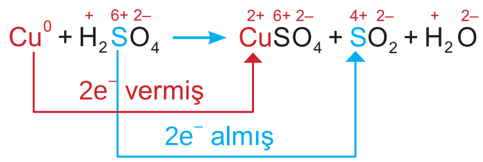
$$Cu + H_2SO_4 \longrightarrow CuSO_4 + SO_2 + H_2O$$

Çözüm

1. Bütün elementlerin yükseltgenme basamakları belirlenir.

$$\overset{0}{Cu} + \overset{+}{H_2}\overset{6+}{S}\overset{2-}{O_4} \longrightarrow \overset{2+}{Cu}\overset{6+}{S}\overset{2-}{O_4} + \overset{4+}{S}\overset{2-}{O_2} + \overset{+}{H_2}\overset{2-}{O}$$

2. Alınan ve verilen elektron sayıları belirlenir.



3. Alınan ve verilen elektron sayıları eşit olduğundan katsayılar 1 alınarak tepkime denkleştirilir.

$$Cu + H_2SO_4 \longrightarrow CuSO_4 + SO_2 + H_2O$$

4. S elementlerini eşitlemek için H_2SO_4 bileşiğinin katsayısı 2 olarak yazılır.

$$Cu + \mathbf{2}H_2SO_4 \longrightarrow CuSO_4 + SO_2 + H_2O$$

5. H ve O elementlerinin denkleştirilmesi için H_2O bileşiğinin katsayısı 2 olarak yazılır.

$$Cu + \mathbf{2}H_2SO_4 \longrightarrow CuSO_4 + SO_2 + \mathbf{2}H_2O$$

Örnek

$$KMnO_4 + HCl \longrightarrow KCl + MnCl_2 + H_2O + Cl_2$$

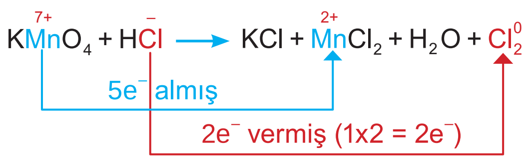
Yukarıdaki redoks tepkimesini denkleştiriniz.

Çözüm

1. Tepkimedeki elementlerin yükseltgenme basamakları belirlenir.

$$\overset{+}{K}\overset{7+}{Mn}\overset{2-}{O_4} + \overset{+}{H}\overset{-}{Cl} \longrightarrow \overset{+}{K}\overset{-}{Cl} + \overset{2+}{Mn}\overset{-}{Cl_2} + \overset{+}{H_2}\overset{2-}{O} + \overset{0}{Cl_2}$$

2. Alınan ve verilen elektron sayıları belirlenir.



Yukarıdaki örnekte Cl, -1'den 0'a bir elektron vererek yükseltgenmiştir. Ancak ürünlerde Cl_2 molekülünde 2 tane Cl atomu olduğundan verilen elektron sayısı 2 ile çarpılmıştır.

3. Alınan elektron sayısı 2, verilen elektron sayısı 5 ile çarpılarak alınan ve verilen elektron sayıları eşitlenir.

$$K\overset{7+}{Mn}O_4 + H\overset{-}{Cl} \longrightarrow KCl + \overset{2+}{Mn}Cl_2 + H_2O + \overset{0}{Cl_2}$$

2 x 5e⁻ almış

5 x 2e⁻ vermiş

4. Elektronların çarpıldığı sayılar, o elektronun ait olduğu elementi içeren taneciğin katsayısı olarak yazılır.

$$2KMnO_4 + 5HCl \longrightarrow KCl + 2MnCl_2 + H_2O + 5Cl_2$$

5. K elementini denkleştirmek için KCl bileşiğinin katsayısı 2 olarak yazılır.

$$2KMnO_4 + 5HCl \longrightarrow 2KCl + 2MnCl_2 + H_2O + 5Cl_2$$

6. Ürünler kısmında bulunan taneciklerde toplam 16 tane Cl atomu bulunduğundan Cl atomlarının denkliğini sağlamak için HCl bileşiğinin katsayısı 16 olarak değiştirilir.

$$2KMnO_4 + 16HCl \longrightarrow 2KCl + 2MnCl_2 + H_2O + 5Cl_2$$

7. H ve O atomlarının denkleştirilmesi için H_2O bileşiğinin katsayısı 8 olarak yazılır.

$$2KMnO_4 + 16HCl \longrightarrow 2KCl + 2MnCl_2 + 8H_2O + 5Cl_2$$

4. Alıştırma

Aşağıda verilen redoks tepkimelerini denkleştiriniz.

a) $C + H_2SO_4 \longrightarrow CO_2 + SO_2 + H_2O$

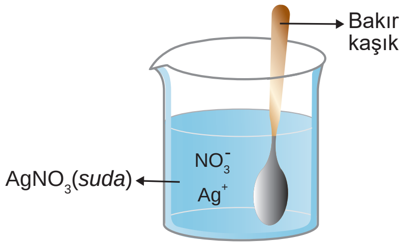
b) $NaOH + NaNO_3 + Zn \longrightarrow NH_3 + Na_2ZnO_2 + H_2O$

c) $H_3AsO_4 + H_2S \longrightarrow As_2S_3 + S + H_2O$

Cevaplar

1.1.3. Elektrik Enerjisi ve İstemlilik

Bakır bir kaşık $AgNO_3$ çözeltisine batırılıp bir süre bekletildiğinde kaşığın gümüş ile kaplandığı görülür (Şekil 1.2).



Şekil 1.2: Bakır kaşığın gümüşle kaplanması

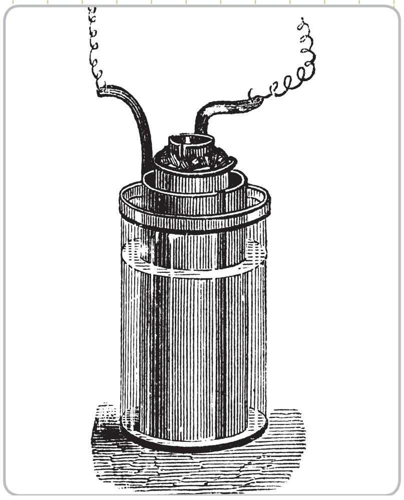
Bu işlem sırasında aşağıdaki redoks tepkimesi gerçekleşir:

$$Cu(k) + 2Ag^{+}(suda) \longrightarrow Cu^{2+}(suda) + 2Ag(k)$$

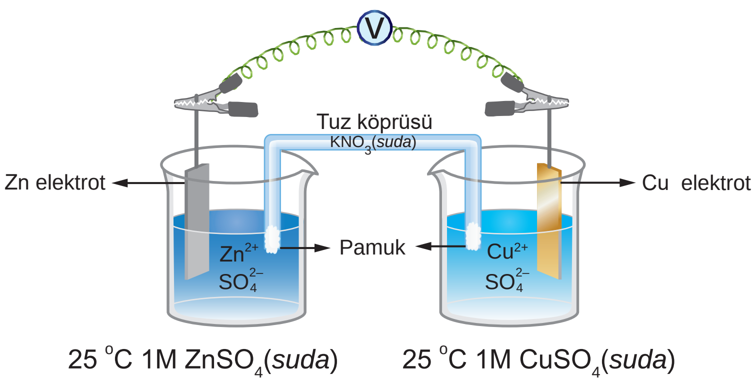
Bu tepkimede kaşıktaki Cu atomları $2e^-$ verip Cu^{2+} iyonlarına yükseltgenerek çözeltiye geçerken çözeltideki Ag^+ iyonları, açığa çıkan elektronları alarak indirgenir ve Ag katısı hâline dönüşür. Ag katısı kaşık yüzeyinde ince tabaka hâlinde birikir. Böylece kaşık gümüşle kaplanmış olur.

Yukarıdaki şekilde görülen redoks tepkimesinde tepkimeye giren maddeler aynı kapta ve birbiriyle doğrudan temas hâlindedir (Şekil 1.2). Ancak redoks tepkimeleri doğrudan temas olmadan da gerçekleşebilir. Bunun için iletken bir tel ve tuz köprüsüyle birbirine bağlanan iki farklı kap kullanılır (Şekil 1.3).

Hiçbir buluş kendiliğinden veya bir tesadüf eseri ortaya çıkmamıştır. Bilim insanları azimle çalışmış, defalarca başarısızlığa uğramalarına rağmen sabırla çalışmayı sürdürerek bugün hayatımızı kolaylaştıran buluşlara imza atmıştır. Bu bilim insanlarından biri olan John Frederic Daniell (Can Fredrik Denyıl) yaptığı çalışmalarda çinko çubuğu çinko sülfat ($ZnSO_4$) çözeltisine, bakır çubuğu ise bakır(II) sülfat ($CuSO_4$) çözeltisine batırmış ve kaplarda herhangi bir tepkime olmadığını gözlemiştir. Kapları iletken bir tel ve tuz köprüsü yardımıyla birbirine bağladığında sistemde redoks tepkimesinin gerçekleştiğini ve sistemin elektrik enerjisi ürettiğini ölçmüştür. Çinko ve bakır metalleri kullanılarak oluşturulan bu sisteme **Daniell pili** denir (Görsel 1.3).



Görsel 1.3: Daniell pili



Şekil 1.3: Daniell pili

Daniell pilinde,

$$Zn(k) + Cu^{2+}(suda) \longrightarrow Zn^{2+}(suda) + Cu(k)$$

tepkimesi dışarıdan bir etki olmadan kendiliğinden gerçekleşmektedir.

Daniell pilinde olduğu gibi bulunduğu şartlarda kendiliğinden gerçekleşen tepkimelere **istemli tepkime**, kendiliğinden gerçekleşmeyen tepkimelere **istemsiz tepkime** denir.

İstemli tepkimeler sadece tepkimenin başlaması için enerjiye ihtiyaç duyarken tepkimenin devam etmesi için enerjiye ihtiyaç duymaz. Ancak istemsiz tepkimeler hem tepkimenin başlaması hem de tepkimenin devam edebilmesi için enerjiye ihtiyaç duyar.

Örneğin hidrojen ve oksijen gazları bir araya geldiğinde bir kıvılcım yardımıyla istemli bir tepkime gerçekleşir ve su oluşur. Tepkime başladıktan sonra herhangi bir enerjiye ihtiyaç duymadan yanma olayı (redoks tepkimesi) devam eder.

$$H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow H_2O(s) + \text{enerji}$$

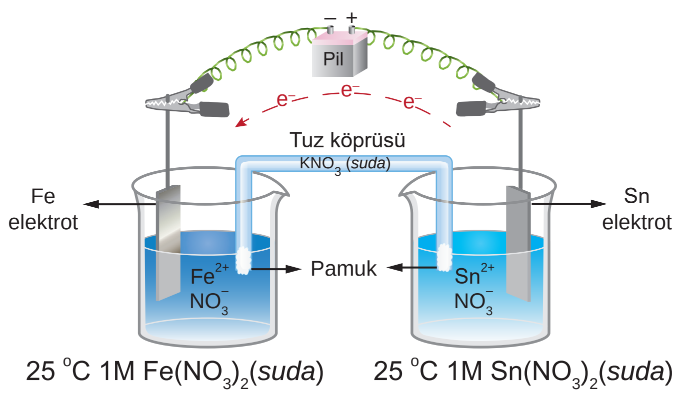
Fakat bu tepkimenin tersi yani suyun elementlerine ayrıştırılması istemsiz bir tepkimedir.

$$H_2O(s) + \text{enerji} \longrightarrow H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g)$$

Bu tepkimenin gerçekleşmesi ve devam edebilmesi için sisteme dışarıdan sürekli elektrik enerjisi verilmesi gerekir.

Suyun elementlerine ayrılmasında olduğu gibi, elektrik enerjisi yardımıyla bir bileşik ya da karışımın elementlerine ayrıştırılmasına **elektroliz**, elektrolizin gerçekleştiği hücreye **elektrolitik hücre** denir.

Elektrolitik hücrelerde yükseltgenme ve indirgenme tepkimeleri istemsiz olduğundan kendiliğinden gerçekleşmez, hücreye verilen elektrik enerjisi yardımıyla gerçekleşir. Bu tür hücrelerde elektrik enerjisi kimyasal enerjiye dönüşür (Şekil 1.4).



Şekil 1.4: Elektrolitik hücre

2. BÖLÜM

ELEKTROTLAR VE ELEKTROKİMYASAL HÜCRELER

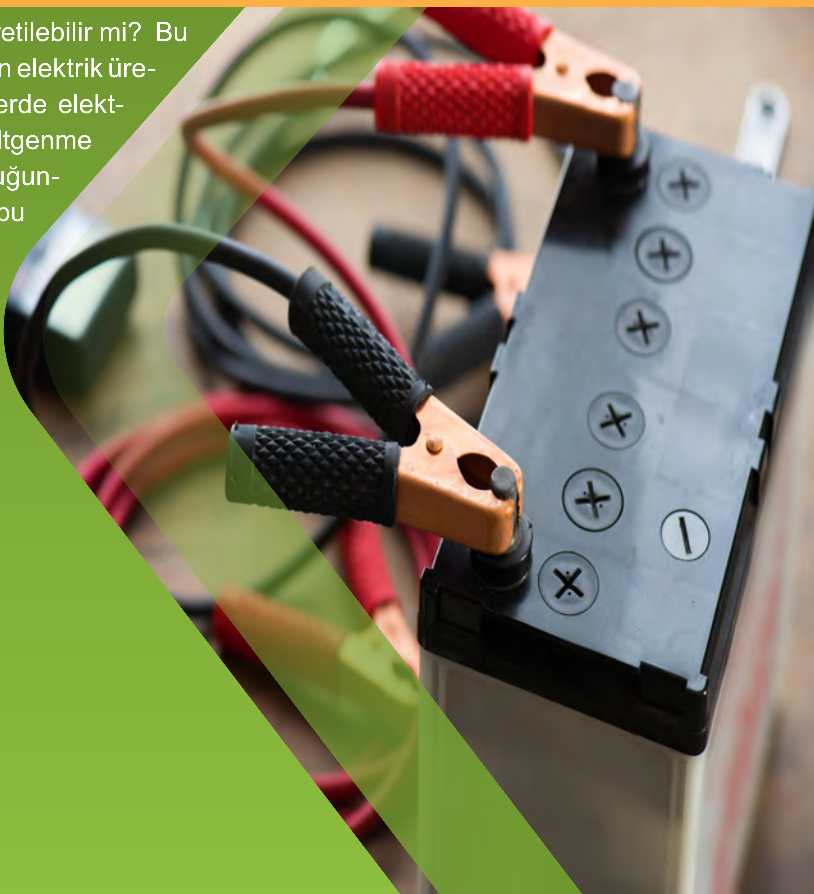
Konular

Anahtar Kavramlar

- Katot
- Anot
- Elektrot
- Elektrolit
- Tuz köprüsü
- Yarı hücre
- Elektrolitik hücre

Kimyasal tepkimeler yardımıyla elektrik enerjisi üretilebilir mi? Bu soruya cevap verebilmek için kimyasal tepkimelerin elektrik üretiminde nasıl kullanıldığını ve kimyasal tepkimelerde elektriğin önemini bilmek gerekir. İndirgenme-yükseltgenme tepkimelerinde de elektron akışı söz konusu olduğundan kimya ile elektrik arasındaki ilişkiyi bilmek bu tepkimelerin daha iyi anlaşılmasını sağlayacaktır.

Bu bölümde elektrokimyasal pilleri tanıyacaksınız. Anot ve katot yarı hücrelerini, indirgenme ve yükseltgenme kavramlarına göre açıklayabileceksiniz.

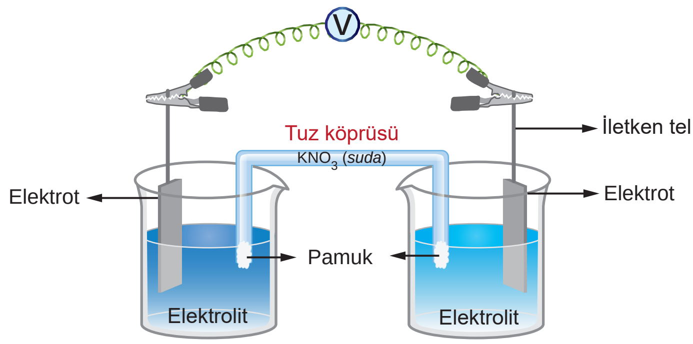


1.2.1. Elektrot, Elektrolit ve Yarı Hücreler

Sulu çözeltilerde gerçekleşen redoks tepkimelerinin doğrudan temas olmadan da gerçekleştiğini 1. Bölüm'de öğrendiniz. Bu bölümde farklı kaplarda gerçekleşen elektrokimyasal tepkimeleri incelemeden önce bu sistemlerle ilgili bilmeniz gereken temel kavramlar açıklanacaktır.

Elektrokimyasal tepkimenin gerçekleşmesi için kullanılan iletken çözeltilere **elektrolit**, bu çözeltilere batırılan metal çubuklara **elektrot**; elektrolit ve bu elektrolit içine batırılmış elektrottan oluşan sisteme de **yarı hücre** denir. Bu tepkimelerde yükseltgenmenin gerçekleştiği kaba **anot yarı hücresi**, kabın içindeki elektroda **anot elektrot** denir. İndirgenmenin gerçekleştiği kap **katot yarı hücresi**, kabın içindeki elektrot ise **katot elektrot**tur. Elektrotlar, kaplarda indirgenme ve yükseltgenme tepkimelerinin gerçekleşmesi için yüzey oluşturur. Anot yarı hücresinden katot yarı hücresine elektron taşınmasını sağlamak için iletken bir tel (dış devre), elektrotlar arasındaki potansiyel farkını ölçmek için voltmetre kullanılır. Elektrokimyasal pilin iki yarı hücresinde meydana gelen indirgenme ve yükseltgenme tepkimeleri sonucunda yarı hücrelerde zamanla yük denkliği bozulur. Yarı hücrelerdeki yük denkliğinin tekrar sağlanabilmesi için yarı hücreler, içerisinde tuz çözeltisi bulunan ters U şeklindeki bir boruyla birbirine bağlanır. Bağlantıyı sağlayan bu sisteme **tuz köprüsü** denir. Tuz köprüsü içerisinde genellikle KNO_3, NaCl, NH_4Cl gibi tuzların çözeltileri kullanılır. Tuz köprüsünde bulunan anyonlar anot yarı hücresine, katyonlar ise katot yarı hücresine geçerek pilin çalışması sırasında oluşan yük dengesizliğini giderir.

Yukarıda tanımlanan parçalarla oluşturulmuş elektrokimyasal pil düzeneği aşağıda gösterilmiştir (Şekil 1.5).

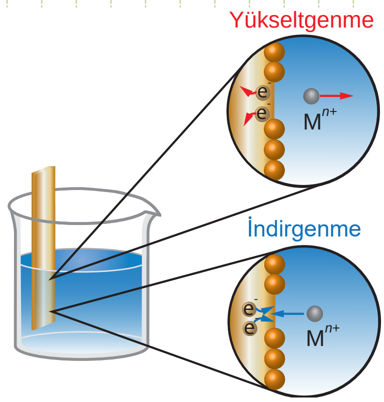


Şekil 1.5: Elektrokimyasal pil

Bu sistemlerde elektrot olarak kullanılan metal, batırıldığı elektrolitte bulunan metal katyonuyla aynı olabileceği gibi katyondan farklı da olabilir.

Elektrottaki metal atomlarıyla elektrolitte bulunan metal iyonları arasında genellikle iki tür etkileşim gözlenir (Şekil 1.6).

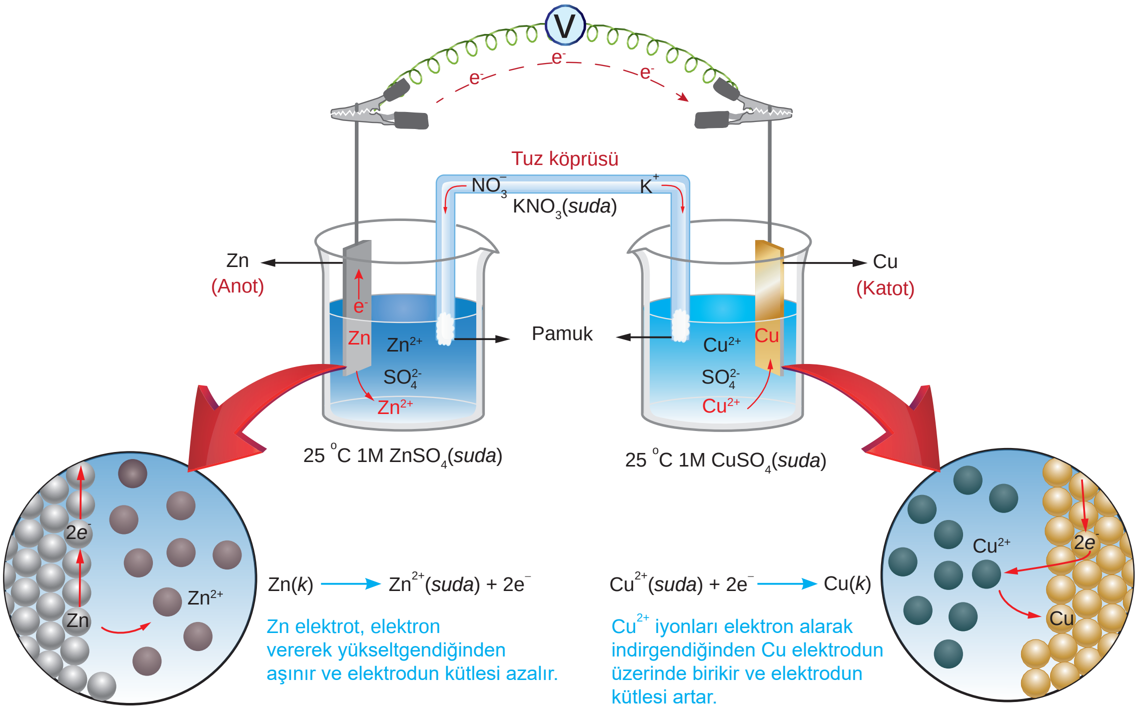
1. Elektrodun yüzeyindeki metal atomları elektron kaybederek (yükseltgenme) metal katyonu hâlinde çözeltiye geçebilir.
2. Çözeltideki metal katyonları elektron alarak (indirgenme) elektrot yüzeyinde katı hâlde birikebilir.



Şekil 1.6: Elektrot ile elektrolit arasında gerçekleşen etkileşimler

1.2.2. Elektrokimyasal Pil

İki yarı hücrenin iletken bir tel ve tuz köprüsü yardımıyla birbirine bağlanmasıyla oluşturulan sisteme **elektrokimyasal pil (galvanik hücre)** denir (Şekil 1.7). Bu tür pillerde istemli redoks tepkimesi gerçekleşir ve sistem elektrik enerjisi üretir.



Şekil 1.7: Elektrokimyasal pil

Yukarıda gösterilen düzenekte içerisinde Zn elektrodu ve $ZnSO_4$ çözeltisi bulunan anot yarı hücresiyle Cu elektrodu ve $CuSO_4$ çözeltisi bulunan katot yarı hücresinin iletken tel ve tuz köprüsüyle birleştirilmesiyle oluşturulmuş bir elektrokimyasal pil görülmektedir (Şekil 1.7).

Anot yarı hücresinde Zn katısı elektron verip yükseltgenir ve

$$Zn(k) \longrightarrow Zn^{2+}(suda) + 2e^-$$

tepkimesi gerçekleşir. Zn elektrodun yükseltgenmesiyle açığa çıkan elektronlar iletken tel yardımıyla dış devreden katot yarı hücresine taşınır. Zn elektrodun kütlesi zamanla azalır ve çözeltideki Zn^{2+} derişimi artar.

Katot yarı hücresinde çözeltide bulunan Cu^{2+} iyonları Zn elektrodun verdiği elektronları alarak indirgenir ve

$$Cu^{2+}(suda) + 2e^- \longrightarrow Cu(k)$$

tepkimesi gerçekleşir. Bu nedenle çözeltideki Cu^{2+} derişimi zamanla azalır, indirgenen Cu^{2+} iyonları Cu elektrodun üzerinde toplanır ve elektrodun kütlesi artar.

Anot yarı hücresinde pozitif yük miktarı zamanla artarken katot yarı hücresinde pozitif yük miktarı azalır. Yük denkliğinin sağlanması için tuz köprüsündeki NO_3^- iyonları anot yarı hücresine, K^+ iyonları katot yarı hücresine geçer.

Şekil 1.7'de gösterilen elektrokimyasal pil çalışırken anot ve katot yarı hücrelerinin özellikleri ve gerçekleşen olaylar aşağıda verilmiştir (Tablo 1.2):

Tablo 1.2: Elektrokimyasal Pillerin Yarı Hücrelerinin Özellikleri ve Bu Hücrelerde Gerçekleşen Olaylar

Anot Yarı Hücresi	Katot Yarı Hücresi
Anot elektrodun işareti negatiftir.	Katot elektrodun işareti pozitiftir.
Anot yarı hücresinde yükseltgenme gerçekleşir.	Katot yarı hücresinde indirgenme gerçekleşir.
Anot elektrodun kütlesi zamanla azalır.	Katot elektrodun kütlesi genellikle artar.
Anot yarı hücresinde çözeltideki katyon derişimi zamanla artar.	Katot yarı hücresinde çözeltideki katyon derişimi zamanla azalır.
Dış devrede elektron akışı, anot yarı hücresinden katot yarı hücresine doğrudur.	Elektrik akımı, katot yarı hücresinden anot yarı hücresine doğrudur.
Pil çalışırken anot elektrolitinde pozitif yük miktarı artar.	Pil çalışırken katot elektrolitinde pozitif yük miktarı azalır.
Tuz köprüsündeki anyonlar anot yarı hücresine geçer.	Tuz köprüsündeki katyonlar katot yarı hücresine geçer.

Anot ve katot yarı hücrelerinde gerçekleşen tepkimeler yazılıp taraf tarafa toplanarak pil tepkimesi elde edilir. Pil tepkimesi denge tepkimesi olduğundan "$\rightleftharpoons$" işareti ile gösterilir.

Anot tepkimesi: $Zn(k) \longrightarrow Zn^{2+}(suda) + 2e^-$

Katot tepkimesi: $Cu^{2+}(suda) + 2e^- \longrightarrow Cu(k)$

Pil tepkimesi: $Zn(k) + Cu^{2+}(suda) \rightleftharpoons Zn^{2+}(suda) + Cu(k)$

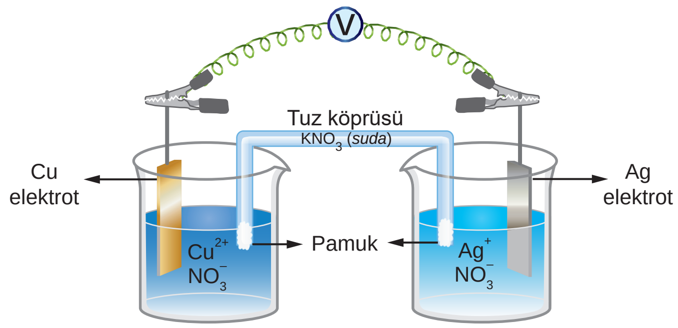
Anot ve katot yarı hücrelerindeki metallerin standart indirgenme eğilimleri farkından gerilim oluşur. Zamanla bu gerilim azalarak pil tepkimesi dengeye ulaşır ve gerilim sıfır olur.

Elektrokimyasal piller şematik olarak da gösterilebilir. Bu gösterimde anot sol tarafa, katot sağ tarafa yazılır. Faz sınırı "/" sembolüyle, tuz köprüsü ise "//" sembolüyle gösterilir. Şekil 1.7'deki elektrokimyasal pilin şematik gösterimi aşağıdaki gibidir:

Tuz Köprüsü

$$\underbrace{Zn(k) \,/\, Zn^{2+}(1M)}_{\text{Anot}} \;//\; \underbrace{Cu^{2+}(1M) \,/\, Cu(k)}_{\text{Katot}}$$

Örnek



25 °C 1M $Cu(NO_3)_2$ (*suda*)
I. kap

25 °C 1M $AgNO_3$ (*suda*)
II. kap

Şekildeki galvanik hücre çalışırken Cu elektrodun kütlesi zamanla azalmaktadır. **Buna göre aşağıdaki soruları cevaplayınız.**

a) **Anot ve katot elektrotları belirleyiniz.**

b) **Anot ve katot yarı hücrelerinde gerçekleşen tepkimeleri ve pil tepkimesini yazınız.**

c) **Elektronlar iletken tel yardımıyla hangi yarı hücreye doğru hareket eder?**

ç) **Hangi kaptaki katyon derişimi zamanla azalır?**

d) **Pilin şematik gösterimini yazınız.**

e) **Tuz köprüsündeki hangi iyon hangi kaba hareket eder?**

Çözüm

a) Cu elektrodun kütlesinin zamanla azalması Cu elektrodun anot elektrot olduğunu gösterir. Buna göre Ag katot elektrottur.

b) Anot tepkimesi: $Cu(k) \longrightarrow Cu^{2+}(suda) + 2e^-$

Katot tepkimesi: 2/$Ag^+(suda) + e^- \longrightarrow Ag(k)$

Pil tepkimesi: $Cu(k) + 2Ag^+(suda) \rightleftharpoons Cu^{2+}(suda) + 2Ag(k)$

c) Elektronlar dış devrede anot elektrottan (I. kap) katot elektroda (II. kap) doğru hareket eder.

ç) Zamanla katot yarı hücresinde $Ag^+(suda) + e^- \longrightarrow Ag(k)$ tepkimesi gerçekleşir. Ag^+ iyonlarının derişimi azalır.

d) $Cu(k) / Cu^{2+}(1M) // Ag^+(1M) / Ag(k)$

e) Tuz köprüsünde anyonlar anot yarı hücresine (I. kap), katyonlar ise katot yarı hücresine (II. kap) doğru hareket eder.

5. Alıştırma

Ca(*k*) / Ca^{2+}(1M) // Ni^{2+}(1M) / Ni(*k*)

Yukarıda şematik olarak gösterilen elektrokimyasal pille ilgili

I. Ca elektrot zamanla aşınır.

II. Dış devrede elektronlar Ni yarı hücresine doğru geçer.

III. Tuz köprüsündeki katyonlar, anot yarı hücresine doğru geçer.

yargılarından hangileri doğrudur?

Cevap

6. Alıştırma

Cd^{2+}(*suda*) + $2e^-$ ⟶ Cd(*k*)

Sn^{2+}(*suda*) + $2e^-$ ⟶ Sn(*k*)

Cd ve Sn metalleri kullanılarak oluşturulan elektrokimyasal pilde Cd^{2+} iyonlarının derişimi zamanla artmaktadır. **Buna göre yukarıda standart indirgenme yarı tepkimeleri verilen elektrokimyasal pili şematik olarak gösteriniz.**

Cevap

Daniell pilindeki elektrotlar çözeltide bulunan metal katyonuyla aynı türden seçilmiştir. Ancak elektrokimyasal pillerde elektrotlar ile çözeltide bulunan katyonlar aynı türden seçilmeyebilir. Elektrokimyasal pilde hidrojen yarı hücresi kullanılacağı zaman hidrojen elektrot kullanmak mümkün değildir. Çünkü elektrot, elektriği iletebilen katı bir madde olmalıdır. Hidrojen ise standart koşullarda gaz hâldedir. Bu nedenle hidrojen yarı hücresinde elektrot olarak yarı hücrenin elektrolitiyle tepkime vermeyen Pt ve Au gibi soy metaller seçilir. Tepkimeye girme isteği çok az olan bu tür metallerden oluşan elektrotlara **inert elektrot** denir.

DENEY



DENEYİN ADI

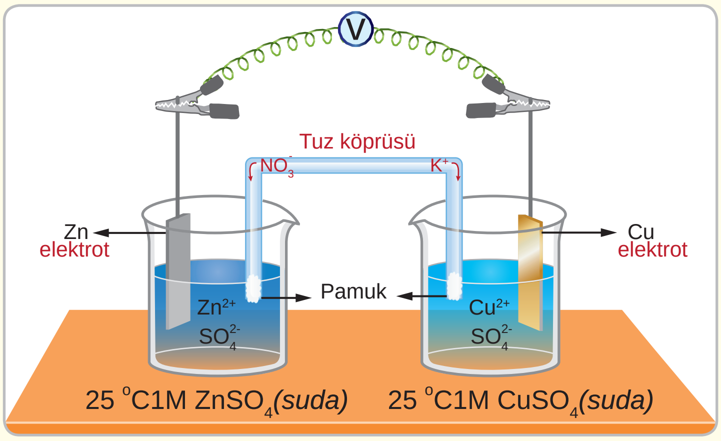
Elektrokimyasal Pil Deneyi

DENEYİN AMACI

Elektrokimyasal pil oluşturmak ve elektrokimyasal pil bileşenlerinin işlevini incelemek

ARAÇ VE GEREÇLER

- 2 adet 500 mL'lik beherglas
- İletken tel
- Cu ve Zn levhalar
- U şeklinde cam boru
- Voltmetre
- 1M'lık $CuSO_4$ çözeltisi
- 1M'lık $ZnSO_4$ çözeltisi
- KNO_3 çözeltisi
- Pamuk



DENEYİN YAPILIŞI

1. Beherglaslardan birine 200 mL 1M $ZnSO_4$ çözeltisi koyunuz ve Zn levhayı çözeltiye batırınız.
2. Diğer beherglasa 200 mL 1M $CuSO_4$ çözeltisi koyunuz ve Cu levhayı çözeltinin içine batırınız.
3. Voltmetrenin paralel bağlandığı iletken telle Zn ve Cu levhaları birbirine bağlayınız.
4. U borunun içerisine KNO_3 çözeltisi doldurup iki ucunu pamukla kapatarak bir ucunu anot yarı hücresine diğer ucunu katot yarı hücresine batırınız.
5. Voltmetrede meydana gelen değişimi gözlemleyiniz.
6. Deney sırasında meydana gelecek değişiklikler belirli bir süre gerektirdiğinden acele etmeyiniz, deneyin sonucunu sabırla bekleyiniz.

DENEYİN DEĞERLENDİRİLMESİ

1. Sistemin hangi hücresinde indirgenme, hangisinde yükseltgenme meydana gelmiştir? Sebebini açıklayınız.
2. Tuz köprüsünde anyonlar ve katyonlar hangi yarı hücreye doğru taşınmaktadır?
3. Sistemin belirli bir ömrü var mıdır?
4. Sistemdeki kimyasal olayı tersine çevirmek için neler yapılabilir, tartışınız. Tartışma esnasında görgü kurallarına uyunuz. Arkadaşlarınızı sabırla dinleyiniz.

DENEYİN SONUCU

3. BÖLÜM

ELEKTROT POTANSİYELLERİ

Konular

1.3.1. Standart Yarı Hücre İndirgenme Potansiyelleri
1.3.2. Standart Hidrojen Elektrodu
1.3.3. Metallerin Aktifliği
1.3.4. Standart Elektrot Potansiyeli ve İstemlilik
1.3.5. Standart Elektrot Potansiyelini Etkileyen Faktörler

Anahtar Kavramlar

- Standart elektrot potansiyeli
- Metallerin aktiflik sırası

Laboratuvarlarda bazı kimyasalların plastik kaplarda, bazılarının ise cam kaplarda muhafaza edildiği görülür. Neden bazı kaplar plastik, bazıları ise camdır, hiç düşündünüz mü? Bu bölümde bu sorunun cevabını bulacaksınız.



Bilgi Kutusu

Bağıl olarak hesaplanan standart elektrot potansiyelleri, 1953 yılında Stokholm'de yapılan IUPAC (Uluslararası Temel ve Uygulamalı Kimya Birliği) Kongresi'nde alınan kararla indirgenme potansiyeli olarak kullanılmaya başlanmıştır.

1.3.1. Standart Yarı Hücre İndirgenme Potansiyelleri

Bir yarı hücrenin 25 °C sıcaklık ve 1 atm basınçlı ortamda indirgenme eğiliminin ifade edildiği sayısal değere o yarı hücrenin **standart elektrot potansiyeli** denir. Bu değere **voltaj** ya da **standart indirgenme potansiyeli** de denir ve E^o sembolüyle gösterilir.

Standart şartlarda anot ve katot yarı hücrelerinde gerçekleşen yarı tepkimelerin taraf tarafa toplanması pil tepkimesini, iki yarı tepkimenin potansiyellerinin toplamı ise pil potansiyelini verir. Örneğin Mg-Fe pilinin potansiyeli aşağıdaki gibi hesaplanır.

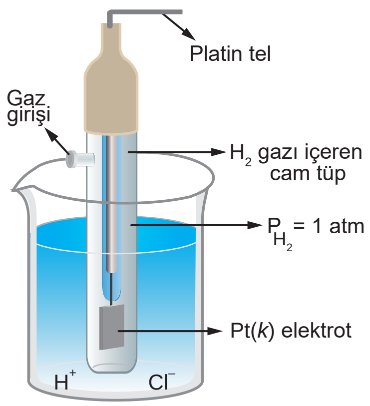
Anot tepkimesi:	$Mg(k) \longrightarrow Mg^{2+}(suda) + 2e^-$	$E^o_{yük.} = 2,372$ V
Katot tepkimesi:	$Fe^{2+}(suda) + 2e^- \longrightarrow Fe(k)$	$E^o_{ind.} = -0,440$ V
Pil tepkimesi:	$Mg(k) + Fe^{2+}(suda) \rightleftharpoons Mg^{2+}(suda) + Fe(k)$	
		$E^o_{pil} = 1,932$ V

Pil potansiyelinin hesaplanabilmesi için yarı tepkimelerin potansiyellerinin bilinmesi gerekir. Ancak yarı tepkimeler tek başına gerçekleşmediğinden potansiyelleri de tek başına mutlak olarak hesaplanamaz. Bu sorunu gidermek için Standart Hidrojen Elektrodu (SHE) referans elektrot olarak seçilmiş ve indirgenme potansiyeli sıfır kabul edilmiştir. Diğer bütün elektrot potansiyelleri referans elektrot olan SHE'ye göre hesaplanmıştır.

1.3.2. Standart Hidrojen Elektrodu

SHE standart şartlarda 1M'lık HCl çözeltisine batırılmış platin metalinin üzerine 1 atm basınç yapan H_2 gazı gönderilerek oluşturulan elektrottur.

Elektrot olarak kullanılacak madde; katı hâlde ve elektron iletimini sağlamak için iletken olmalıdır. Oysa hidrojen, oda sıcaklığında gaz hâlinde olduğundan elektrot olarak kullanılamaz. Bu nedenle SHE'de elektron iletimini sağlayabilecek bir soy metal olan platin kullanılır (Şekil 1.8).



25 °C 1M HCl(*suda*)

Şekil 1.8: Standart Hidrojen Elektrodu

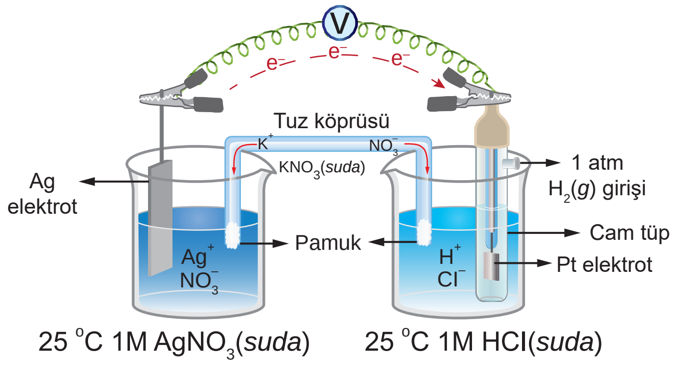
SHE'nin referans kabul edilmesinin başlıca nedenleri şunlardır:

- Hazırlanması kolaydır.
- Aşınma gerçekleşmediğinden birçok defa kullanılabilir.
- SHE'de gerçekleşen tepkime, yükseltgenme ya da indirgenme yarı tepkimesi şeklinde yazılabilir.

SHE potansiyeli; sıcaklığa, çözelti derişimine ve hidrojen gazının basıncına bağlıdır.

Metallerin standart indirgenme potansiyellerini bulmak için standart indirgenme potansiyeli bulunacak metalle SHE'nin oluşturacağı elektrokimyasal pilin potansiyeline bakılır.

Aşağıdaki şekilde gümüş ve hidrojen yarı hücrelerinden oluşan bir elektrokimyasal pil görülmektedir (Şekil 1.9).



Şekil 1.9: Ag-SHE elektrokimyasal pili

Şekildeki elektrokimyasal pil çalışınca gümüş elektrodun kütlesinin arttığı görülür (Şekil 1.9). Yani çözeltideki Ag^+ iyonları

$$Ag^+(suda) + e^- \longrightarrow Ag(k)$$

tepkimesine göre indirgenerek katı hâlde Ag elektrodun üzerinde birikir ve Ag elektrodun kütlesini artırır. Buna göre Ag elektrodun bulunduğu hücre katot yarı hücresidir.

SHE yarı hücresinde ise H_2 gazı yükseltgenerek H^+ iyonları hâline dönüşürken anot yarı hücresini oluşturur ve

$H_2(g) \longrightarrow 2H^+(suda) + 2e^-$ tepkimesi gerçekleşir.

Pil tepkimesi ise

Anot tepkimesi:	$H_2(g) \longrightarrow 2H^+(suda) + 2e^-$
Katot tepkimesi:	**2/** $Ag^+(suda) + e^- \longrightarrow Ag(k)$
Pil tepkimesi:	$2Ag^+(suda) + H_2(g) \rightleftharpoons 2Ag(k) + 2H^+(suda)$

şeklinde olur.

Elektrokimyasal pilin potansiyeli voltmetrede 0,799 V olarak okunur.

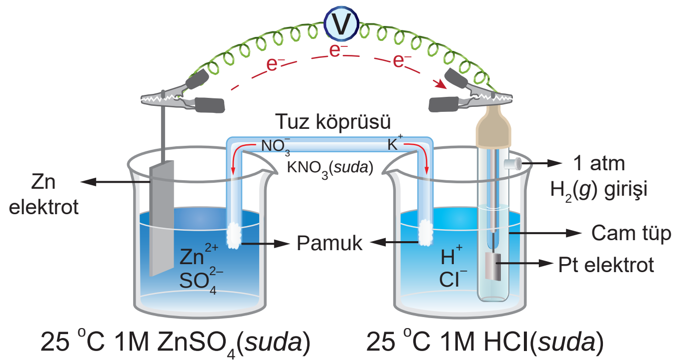
Standart şartlarda bir pilin potansiyeli pilde gerçekleşen indirgenme ve yükseltgenme potansiyellerinin toplamına eşittir.

$$E^o_{pil} = E^o_{ind.} + E^o_{yük.}$$

Hidrojenin yükseltgenme potansiyeli sıfır kabul edildiğinden voltmetrede okunan 0,799 V değeri (pil potansiyeli) Ag^+ iyonunun standart indirgenme potansiyeline eşittir. Yani

$Ag^+(suda) + e^- \longrightarrow Ag(k)$ $\qquad E^o_{ind.} = 0,799$ V'tur.

Ag elektrot yerine Zn elektrot kullanılarak oluşturulan Zn-SHE pilinde sistem çalışırken Zn elektrodun kütlesinin azaldığı görülür. Zn katısı yükseltgenerek Zn^{2+} iyonuna dönüşmüştür. Buna göre Zn elektrot anottur (Şekil 1.10).



Şekil 1.10: Zn-SHE elektrokimyasal pili

Anot yarı hücresinde

$Zn(k) \longrightarrow Zn^{2+}(suda) + 2e^-$ tepkimesi gerçekleşir.

SHE yarı hücresinde ise H^+ iyonları indirgenerek H_2 gazına dönüşür.

$$2H^+(suda) + 2e^- \longrightarrow H_2(g)$$

tepkimesi gerçekleşir ve SHE yarı hücresi katot yarı hücresini oluşturur.

Pil tepkimesi ise

Anot tepkimesi:	$Zn(k) \longrightarrow Zn^{2+}(suda) + 2e^-$
Katot tepkimesi:	$2H^+(suda) + 2e^- \longrightarrow H_2(g)$
Pil tepkimesi:	$Zn(k) + 2H^+(suda) \rightleftharpoons H_2(g) + Zn^{2+}(suda)$

şeklindedir.

Elektrokimyasal pilin potansiyeli voltmetrede 0,763 V olarak okunur.

Hidrojen yarı hücresinin indirgenme potansiyeli sıfır kabul edildiğinden voltmetrede okunan değer Zn elementinin yükseltgenme potansiyelidir.

$$Zn(k) \longrightarrow Zn^{2+}(suda) + 2e^- \qquad E^o_{yük.} = 0{,}763 \text{ V'tur.}$$

Buna göre Zn elementinin indirgenme potansiyeli

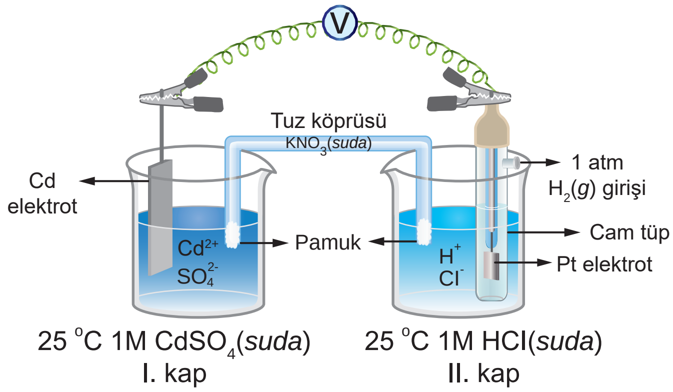
$$Zn^{2+}(suda) + 2e^- \longrightarrow Zn(k) \qquad E^o_{ind.} = -0{,}763 \text{ V'tur.}$$

Bir elementin standart yükseltgenme potansiyeliyle standart indirgenme potansiyeli mutlak değer olarak birbirine eşittir fakat birbirinin zıt işaretlisidir.

Yukarıdaki örneklerde görüldüğü gibi SHE'de (elektrokimyasal pilin hidrojen yarı hücresinde) gerçekleşen tepkime diğer yarı hücrede kullanılan metale göre değişmektedir. Kullanılan metalin indirgenme potansiyeli büyükse SHE'de yükseltgenme, küçükse indirgenme tepkimesi gerçekleşmektedir.

Örnek

Aşağıdaki şekilde bir Cd-SHE elektrokimyasal pili verilmiştir:



$$Cd^{2+}(suda) + 2e^- \longrightarrow Cd(k)$$

$$2H^+(suda) + 2e^- \longrightarrow H_2(g)$$

İndirgenme yarı tepkimeleri verilen Cd-SHE elektrokimyasal pilinde Cd elektrodun kütlesi zamanla azalmaktadır. **Buna göre,**

a) **Cd^{2+} ve H^+ iyonlarının indirgenme potansiyelini kıyaslayınız.**

b) **Anot, katot yarı tepkimeleri ile pil tepkimesini yazınız.**

c) **II. kaptaki çözeltinin pH değeri zamanla nasıl değişir?**

Çözüm

a) Cd elektrodun kütlesi azaldığı için Cd elektrot anot, I. kap ise anot yarı hücresidir. Bu nedenle Cd^{2+} iyonunun indirgenme potansiyeli H^+ iyonunun indirgenme potansiyelinden küçüktür.

b) I. kap, anot yarı hücresi olduğundan Cd katısı yükseltgenerek Cd^{2+} iyonuna dönüşürken II. kapta H^+ iyonları indirgenerek H_2 gazına dönüşür. Anot, katot yarı tepkimeleri ve pil tepkimesi

Anot tepkimesi:	$Cd(k) \longrightarrow Cd^{2+}(suda) + 2e^-$
Katot tepkimesi:	$2H^+(suda) + 2e^- \longrightarrow H_2(g)$
Pil tepkimesi:	$Cd(k) + 2H^+(suda) \rightleftharpoons Cd^{2+}(suda) + H_2(g)$

şeklinde bulunur.

c) II. kap, katot yarı hücresi olduğundan bu yarı hücrede indirgenme olayı gerçekleşir. Katot yarı hücresinde çözeltide bulunan H^+ iyonları elektron alarak indirgenir ve H_2 gazına dönüşür. Çözeltideki H^+ iyon derişimi zamanla azalacağından pH değeri artar.

SHE kullanılarak standart indirgenme potansiyelleri belirlenen bazı elementler aşağıda gösterilmiştir (Tablo 1.3):

Tablo 1.3: Bazı Elementlerin Standart İndirgenme Potansiyelleri

İndirgenme Yarı Tepkimesi	Standart İndirgenme Potansiyeli (E^o, V)
$F_2 + 2e^- \longrightarrow 2F^-$	+2,870
$Au^{3+} + 3e^- \longrightarrow Au(k)$	+1,498
$Cl_2 + 2e^- \longrightarrow 2Cl^-$	+1,359
$O_2 + 4H^+ + 4e^- \longrightarrow 2H_2O$	+1,229
$Br_2 + 2e^- \longrightarrow 2Br^-$	+1,065
$Hg^{2+} + 2e^- \longrightarrow Hg(s)$	+0,850
$Ag^+ + e^- \longrightarrow Ag(k)$	+0,799
$Cu^+ + e^- \longrightarrow Cu(k)$	+0,521
$Cu^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cu(k)$	+0,337
$2H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2(g)$	0,000
$Pb^{2+} + 2e^- \longrightarrow Pb(k)$	-0,126
$Sn^{2+} + 2e^- \longrightarrow Sn(k)$	-0,136
$Ni^{2+} + 2e^- \longrightarrow Ni(k)$	-0,250
$Cd^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cd(k)$	-0,403
$Cr^{3+} + e^- \longrightarrow Cr^{2+}$	-0,408
$Fe^{2+} + 2e^- \longrightarrow Fe(k)$	-0,440
$Cr^{3+} + 3e^- \longrightarrow Cr(k)$	-0,744
$Zn^{2+} + 2e^- \longrightarrow Zn(k)$	-0,763
$Al^{3+} + 3e^- \longrightarrow Al(k)$	-1,662
$Mg^{2+} + 2e^- \longrightarrow Mg(k)$	-2,372
$Na^+ + e^- \longrightarrow Na(k)$	-2,714
$Ca^{2+} + 2e^- \longrightarrow Ca(k)$	-2,866
$K^+ + e^- \longrightarrow K(k)$	-2,931
$Li^+ + e^- \longrightarrow Li(k)$	-3,040

Standart indirgenme potansiyelleri yardımıyla pil potansiyeli hesaplanırken aşağıdaki kurallar dikkate alınır.

- Bir yarı hücrede gerçekleşen tepkime ters çevrilirse E^o değerinin işareti değişir.

$Mg(k) \longrightarrow Mg^{2+}(suda) + 2e^-$ $\quad E^o_{yük.} = 2,372$ V

$Mg^{2+}(suda) + 2e^- \longrightarrow Mg(k)$ $\quad E^o_{ind.} = -2,372$ V

- Bir yarı hücrede gerçekleşen tepkime herhangi bir sayı ile çarpılır ya da bölünürse E^o değeri değişmez.

$Mg(k) \longrightarrow Mg^{2+}(suda) + 2e^-$ $\quad E^o_{yük.} = 2,372$ V

$2Mg(k) \longrightarrow 2Mg^{2+}(suda) + 4e^-$ $\quad E^o_{yük.} = 2,372$ V

- İndirgenme ve yükseltgenme yarı tepkimeleri toplanırken E° değerleri de toplanır ve standart pil potansiyeli bulunur.

$Mg(k) \rightarrow Mg^{2+}(suda) + 2e^-$ $\quad E^o_{yük.} = 2,372\ V$

$Ni^{2+}(suda) + 2e^- \rightarrow Ni(k)$ $\quad E^o_{ind.} = -0,250\ V$

$Mg(k) + Ni^{2+}(suda) \rightleftharpoons Mg^{2+}(suda) + Ni(k)$ $\quad E^o_{pil} = 2,122\ V$

Örnek

$Zn^{2+}(suda) + 2e^- \rightarrow Zn(k)$ $\quad E^o_{ind.} = -0,763\ V$

$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag(k)$ $\quad E^o_{ind.} = 0,799\ V$

Yukarıda verilen indirgenme yarı pil tepkimeleri yardımıyla pil tepkimesini yazarak standart pil potansiyelini hesaplayınız.

Çözüm

İndirgenme yarı pil potansiyelleri bilinen iyonlardan, indirgenme yarı pil potansiyeli küçük olan iyonun tepkimesi ters çevrilir ve potansiyelinin işareti değiştirilir. İndirgenme yarı pil potansiyeli büyük olan iyonun tepkimesi aynen yazılır.

$Zn(k) \rightarrow Zn^{2+}(suda) + 2e^-$ $\quad E^o_{yük.} = 0,763\ V$

2/ $Ag^+ + e^- \rightarrow Ag(k)$ $\quad E^o_{ind.} = 0,799\ V$

$Zn(k) + 2Ag^+(suda) \rightleftharpoons Zn^{2+}(suda) + 2Ag(k)$ $\quad E^o_{pil} = 1,562\ V$

1.3.3. Metallerin Aktifliği

Metalik aktiflik; metallerin elektron verme eğiliminin, ametalik aktiflik ise ametallerin elektron alma eğiliminin ölçüsüdür. Standart hidrojen elektrodu yardımıyla ölçülen yarı hücre potansiyelleri kullanılarak metallerin aktifliğine karar verilebilir. Tablo 1.3 incelendiğinde flor elementinin standart indirgenme potansiyelinin en büyük, lityum iyonunun ise en küçük olduğu görülür. Bu durum florun aktif bir ametal, lityumun aktif bir metal olduğunu gösterir.

Standart koşullarda indirgenme yarı hücre potansiyeli arttıkça metal iyonunun indirgenme eğilimi de artar. Bu artış metalin aktifliğinin azalması demektir.

Aşağıda bazı iyonların indirgenme yarı hücre potansiyelleri verilmiştir:

$Zn^{2+}(suda) + 2e^- \rightarrow Zn(k)$ $\quad E^o_{ind.} = -\ 0,763\ V$

$Fe^{2+}(suda) + 2e^- \rightarrow Fe(k)$ $\quad E^o_{ind.} = -\ 0,440\ V$

$2H^+(suda) + 2e^- \rightarrow H_2(g)$ $\quad E^o_{ind.} = 0,000\ V$

$Cu^{2+}(suda) + 2e^- \rightarrow Cu(k)$ $\quad E^o_{ind.} = 0,337\ V$

$Ag^+(suda) + e^- \rightarrow Ag(k)$ $\quad E^o_{ind.} = 0,799\ V$

Verilen indirgenme yarı hücre tepkimeleri incelendiğinde Ag^{+} iyonunun indirgenme potansiyelinin en büyük, Zn^{2+} iyonunun indirgenme potansiyelinin ise en küçük olduğu görülmektedir. Dolayısıyla aktifliği en küçük olan Ag metali, en büyük olan Zn metalidir. Buna göre yukarıdaki elementlerin aktiflik sıralaması

Zn > Fe > H_2 > Cu > Ag şeklinde olur.

Görüldüğü gibi SHE'ye göre standart indirgenme potansiyeli negatif (yükseltgenme potansiyeli pozitif) olan metaller, aktif metal olarak sınıflandırılmaktadır.

Standart koşullarda elementlerin yükseltgenme potansiyelleri yardımıyla da metallerin aktiflik kıyaslaması yapılabilir. Metalin $E^{o}_{yük.}$ değeri ne kadar büyükse aktifliği o kadar fazladır.

$$Ca(k) \longrightarrow Ca^{2+}(suda) + 2e^{-} \qquad E^{o}_{yük.} = 2,866\ V$$

$$Fe(k) \longrightarrow Fe^{2+}(suda) + 2e^{-} \qquad E^{o}_{yük.} = 0,440\ V$$

$$H_2(g) \longrightarrow 2H^{+}(suda) + 2e^{-} \qquad E^{o}_{yük.} = 0,000\ V$$

$$Cu(k) \longrightarrow Cu^{2+}(suda) + 2e^{-} \qquad E^{o}_{yük.} = -0,337\ V$$

$$Ag(k) \longrightarrow Ag^{+}(suda) + e^{-} \qquad E^{o}_{yük.} = -0,799\ V'tur.$$

Yukarıdaki değerlere göre elementlerin aktiflik sıralaması

Ca > Fe > H_2 > Cu > Ag şeklinde olur.

Standart indirgenme potansiyeli negatif olan metallere **aktif metal**, pozitif olanlara ise **pasif metal** denir.

$E^{o}_{ind.}$ < 0 ise aktif metaldir.

$E^{o}_{ind.}$ > 0 ise pasif metaldir.

7. Alıştırma

$$Cu(k) \longrightarrow Cu^{2+}(suda) + 2e^{-} \qquad E^{o}_{yük.} = -0,337\ V$$

$$Mg(k) \longrightarrow Mg^{2+}(suda) + 2e^{-} \qquad E^{o}_{yük.} = 2,372\ V$$

$$Fe(k) \longrightarrow Fe^{2+}(suda) + 2e^{-} \qquad E^{o}_{yük.} = 0,440\ V$$

Yukarıdaki tepkimeler yardımıyla Cu, Mg ve Fe metallerini aktif metal, pasif metal şeklinde sınıflandırınız.

Cevap

8. Alıştırma

Aşağıda standart indirgenme potansiyeli verilen elementlerin aktifliklerini sıralayınız.

I. $Ni^{2+}(suda) + 2e^- \longrightarrow Ni(k)$ $\quad E^o_{ind.} = -0,250\ V$

II. $K^+(suda) + 1e^- \longrightarrow K(k)$ $\quad E^o_{ind.} = -2,931\ V$

III. $Cu^{2+}(suda) + 2e^- \longrightarrow Cu(k)$ $\quad E^o_{ind.} = 0,337\ V$

IV. $2H^+(suda) + 2e^- \longrightarrow H_2(g)$ $\quad E^o_{ind.} = 0,00\ V$

Cevap

Standart elektrot potansiyeli (gerilimi, voltajı) yardımıyla,

- Metallerin aktiflikleri,
- Metallerde aşınma olup olmayacağı,
- Metallerin asitler ile tepkime verip vermeyeceği, tepkime veriyorsa H_2 gazı oluşup oluşmayacağı,
- Verilen bir tepkimenin istemli olup olmadığı yorumlanabilir.

Yukarıda verilen bilgiler aşağıdaki yarı tepkimeler yardımıyla, sırasıyla örneklendirilmiştir.

$Cu^{2+}(suda) + 2e^- \longrightarrow Cu(k)$ $\quad E^o_{ind.} = 0,337\ V$

$Al^{3+}(suda) + 3e^- \longrightarrow Al(k)$ $\quad E^o_{ind.} = -1,662\ V$

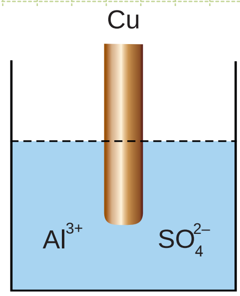
Cu^{2+} iyonunun indirgenme eğilimi Al^{3+} iyonunun indirgenme eğiliminden büyük olduğundan Al metali Cu metaline göre daha aktiftir.

Şekil 1.11 ve Şekil 1.12'deki metallerde aşınma olup olmayacağı aşağıdaki gibi ifade edilir:

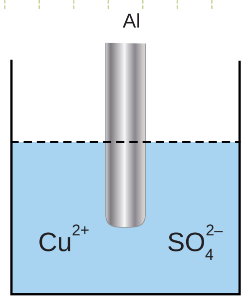
Metal atomu, çözeltideki metal iyonundan aktif ise metal aşınır.

Dolayısıyla Şekil 1.11'de Cu metali; Al metalinden pasif olduğundan tepkime gerçekleşmez ve Cu metali aşınmaz. Ancak Şekil 1.12'deki Al metali Cu metalinden daha aktif olduğundan Al metali yükseltgenerek aşınırken çözeltideki Cu^{2+} iyonları Cu katısına indirgenir.

İki ayrı kapta gerçekleşen bu tepkimeler tuz köprüsü ve iletken telle birbirine bağlanırsa elektrokimyasal pil elde edilir.



Şekil 1.11: $Al_2(SO_4)_3$ çözeltisine batırılmış Cu metali



Şekil 1.12: $CuSO_4$ çözeltisine batırılmış Al metali

İndirgenme: 3/$Cu^{2+}(suda) + 2e^- \longrightarrow Cu(k)$ $E^o_{ind.} = 0,337$ V

Yükseltgenme: 2/$Al(k) \longrightarrow Al^{3+}(suda) + 3e^-$ $E^o_{yük.} = 1,662$ V

Yukarıdaki yarı hücre tepkimeleri elektron denkliğini sağlamak için uygun katsayılarla çarpılıp taraf tarafa toplandığında net tepkime elde edilir.

Net Tepkime: $2Al(k) + 3Cu^{2+}(suda) \rightleftharpoons 2Al^{3+}(suda) + 3Cu(k)$

Standart indirgenme potansiyelinden faydalanarak metallerin asitlerle tepkime verip vermeyeceğinin, tepkime verdiğinde hangi gazın açığa çıkacağının anlaşılabileceği belirtilmişti. Standart indirgenme potansiyeli negatif (aktif) olan metaller, asitlerle tepkimeye girip aşınır ve H_2 gazı açığa çıkarır. Standart indirgenme potansiyeli pozitif (pasif) olan metaller ise sadece oksijen içeren kuvvetli asitlerle tepkime verir ve aşınır. Ancak H_2 gazı açığa çıkarmaz.

Aşağıda Cu^{2+}, H^+, Zn^{2+}, Mg^{2+} ve Ag^+ iyonlarının standart indirgenme potansiyelleri verilmiştir:

$Cu^{2+}(suda) + 2e^- \longrightarrow Cu(k)$ $E^o_{ind.} = 0,337$ V

$2H^+(suda) + 2e^- \longrightarrow H_2(g)$ $E^o_{ind.} = 0,00$ V

$Zn^{2+}(suda) + 2e^- \longrightarrow Zn(k)$ $E^o_{ind.} = -0,763$ V

$Mg^{2+}(suda) + 2e^- \longrightarrow Mg(k)$ $E^o_{ind.} = -2,372$ V

$Ag^+(suda) + e^- \longrightarrow Ag(k)$ $E^o_{ind.} = 0,799$ V

Bu değerlere göre elementlerin aktiflik sırası

Mg > Zn > H_2 > Cu > Ag şeklinde olur.

Verilen tepkimelerde Zn^{2+} ve Mg^{2+} iyonlarının indirgenme potansiyellerinin negatif olduğu görülmektedir. Bu nedenle Zn ve Mg metalleri aktif metaldir. Asitlerle tepkimeye girer ve H_2 gazı açığa çıkarır. Cu^{2+} ve Ag^+ iyonlarının indirgenme potansiyellerinin ise pozitif olduğu görülmektedir. Bu nedenle Cu ve Ag metalleri pasif metaldir. Oksijensiz asitlerle tepkimeye girmez ve H_2 gazı açığa çıkarmaz. Bu olaylar tepkime denklemiyle aşağıdaki gibi gösterilir:

$Zn(k) + 2HCl(suda) \longrightarrow ZnCl_2(suda) + H_2(g)$

$Mg(k) + 2HCl(suda) \longrightarrow MgCl_2(suda) + H_2(g)$

$Cu(k) + HCl(suda) \longrightarrow$ Tepkime gerçekleşmez.

$Ag(k) + HCl(suda) \longrightarrow$ Tepkime gerçekleşmez.

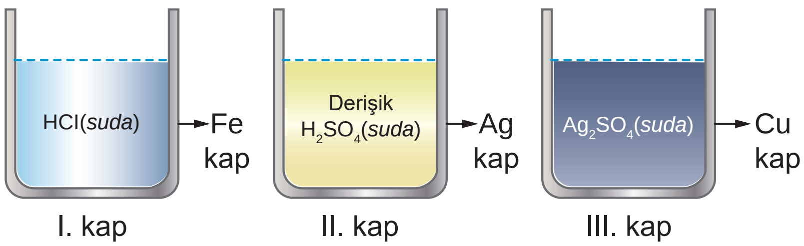
Metallerin aktiflik sıralaması yardımıyla çözeltilerin hangi kaplarda saklanacağı belirlenir. Metal kaplara konulacak çözeltideki metal iyonunun aktifliği, kabın yapıldığı metalin aktifliğinden daha fazla olmalıdır. Aksi durumda kapla çözelti arasında tepkime gerçekleşecek ve kap aşınacaktır. Bu nedenle kimyasal maddeler çoğunlukla cam ya da plastik kaplarda saklanır (Görsel 1.4).



Görsel 1.4: Kimyasal maddelerin saklanması

Siz de okulunuz laboratuvarında hangi maddelerin hangi kaplar içerisinde saklanması gerektiğini gösteren bir poster hazırlayınız. Kaynakları israf etmeden yerinde kullanmanın bir vatandaşlık görevi olduğunu unutmayınız.

Örnek



Yukarıda verilen kapların hangilerinde

a) **Aşınma gerçekleşir?**

b) **H_2 gazı çıkışı gözlenir?**

(Metallerin aktiflik sıralaması Fe > H_2 > Cu > Ag şeklindedir.)

Çözüm

a) Aktiflik sıralaması incelendiğinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılır:

- Demir elementi hidrojenden daha aktif olduğundan tepkime gerçekleşir ve I. kap aşınır.
- Pasif metal olan gümüş elementi, derişik H_2SO_4 ile tepkimeye girip SO_2 gazı açığa çıkaracağından II. kap aşınır.
- Bakır elementi gümüş elementinden daha aktif olduğundan tepkime gerçekleşir ve III. kap aşınır.

b) Demir elementi hidrojenden daha aktif bir metal olduğundan tepkime gerçekleşir ve I. kapta H_2 gazı çıkışı gözlenir. II ve III. kaplarda H_2 gazı çıkışı gözlenmez.

Bilgi Kutusu

Cu, Hg ve Ag pasif metalleri HNO_3 ve H_2SO_4 gibi oksijenli asitlerle tepkime verir.

- Derişik HNO_3 kullanılırsa NO_2 gazı, seyreltik HNO_3 kullanılırsa NO gazı oluşur.
- H_2SO_4 derişik ve sıcak ise tepkime vererek SO_2 gazı açığa çıkarır.

9. Alıştırma

Aşağıda indirgenme potansiyeli verilen elementlerden hangileri HCl çözeltisi ile tepkimeye girdiğinde H_2 gazı açığa çıkarır?

I. $Ag^+(suda) + e^- \rightarrow Ag(k)$ $E^o_{ind.} = 0{,}799$ V

II. $Fe^{2+}(suda) + 2e^- \rightarrow Fe(k)$ $E^o_{ind.} = -0{,}440$ V

III. $K^+(suda) + e^- \rightarrow K(k)$ $E^o_{ind.} = -2{,}931$ V

1.3.4. Standart Elektrot Potansiyeli ve İstemlilik

Önceki konuda belirtildiği gibi standart indirgenme potansiyeli yardımıyla redoks tepkimelerinin istemliliğine karar verilebilir. Standart indirgenme potansiyeli büyük olan iyonun indirgenmesi, küçük olan iyonun yükseltgenmesi şeklinde gerçekleşen elektrokimyasal pil tepkimeleri kendiliğinden gerçekleştiği için istemlidir. Bu tepkimelerde standart indirgenme potansiyeli yardımıyla hesaplanan elektrokimyasal pil potansiyeli her zaman pozitif bir değerdir. Pil potansiyeli büyüdükçe tepkimenin istemliliği artar. İstemsiz elektrolitik tepkimelerde ise bu değer negatiftir ve tepkime kendiliğinden gerçekleşmez. Dolayısıyla redoks tepkimelerinin istemliliğine karar verilirken E^o_{pil} değerine bakılır.

> $E^o_{pil} > 0$ ise tepkime istemlidir.
>
> $E^o_{pil} < 0$ ise tepkime istemsizdir.

$$Zn(k) + 2Ag^+(suda) \rightleftharpoons Zn^{2+}(suda) + 2Ag(k)$$

Yukarıdaki tepkimenin standart koşullarda istemli olup olmadığı şu şekilde anlaşılır: Önce Tablo 1.3 yardımıyla yarı tepkimeler yazılır ve standart elektrot potansiyelleri toplanır.

Anot: $Zn(k) \longrightarrow Zn^{2+}(suda) + 2e^-$ $\quad E^o_{yük.} = 0,763$ V

Katot: $2Ag^+(suda) + 2e^- \longrightarrow 2Ag(k)$ $\quad E^o_{ind.} = 0,799$ V

Net tepkime: $Zn(k) + 2Ag^+(suda) \rightleftharpoons Zn^{2+}(suda) + 2Ag(k)$
$E^o_{pil} = 1,562$ V'tur.

E^o_{pil} değeri pozitif olduğundan bu tepkime yazılan yönde istemlidir.

Örnek

$Cu(k) + Mg^{2+}(suda) \rightleftharpoons Cu^{2+}(suda) + Mg(k)$ **tepkimesi standart koşullarda istemli midir?**

Çözüm

Tablo 1.3 yardımıyla yarı tepkimeler ve elektrot potansiyelleri yazılır.

$Cu(k) \longrightarrow Cu^{2+}(suda) + 2e^-$ $\quad E^o_{yük.} = -0,337$ V

$Mg^{2+}(suda) + 2e^- \longrightarrow Mg(k)$ $\quad E^o_{ind.} = -2,372$ V

Tepkimeler taraf tarafa toplanarak pil tepkimesi bulunur.

$Cu(k) + Mg^{2+}(suda) \rightleftharpoons Cu^{2+}(suda) + Mg(k)$ $\quad E^o_{pil} = -2,709$ V

E^o_{pil} değeri negatif olduğundan bu tepkime yazılan yönde istemsizdir.

İki farklı redoks tepkimesinin istemliliği kıyaslanırken verilen E^{o}_{pil} değerlerine bakılır. Hangi değer daha büyükse o tepkime daha istemlidir.

Örneğin,

I. $2Al(k) + 3Cu^{2+}(suda) \rightleftharpoons 2Al^{3+}(suda) + 3Cu(k)$ $E^{o}_{pil} = 1,999$ V

II. $Zn(k) + 2Ag^{+}(suda) \rightleftharpoons Zn^{2+}(suda) + 2Ag(k)$ $E^{o}_{pil} = 1,562$ V

tepkimeleri incelendiğinde pil potansiyeli daha büyük olan I. tepkimenin II. tepkimeye göre daha istemli olduğu anlaşılır.

10. Alıştırma

Tablo 1.3'den faydalanarak aşağıdaki tepkimelerin istemli mi istemsiz mi olduğunu açıklayınız.

	Tepkime
a)	$Na^{+}(suda) + Ag(k) \rightleftharpoons Na(k) + Ag^{+}(suda)$
b)	$Cu^{2+}(suda) + Mg(k) \rightleftharpoons Cu(k) + Mg^{2+}(suda)$
c)	$\frac{1}{2}H_2(g) + Li^{+}(suda) \rightleftharpoons H^{+}(suda) + Li(k)$
ç)	$3Ag^{+}(suda) + Al(k) \rightleftharpoons 3Ag(k) + Al^{3+}(suda)$

Cevaplar

1.3.5. Standart Elektrot Potansiyelini Etkileyen Faktörler

Standart elektrot potansiyelleri; sıcaklığın 25 °C, basıncın 1 atm olduğu şartlarda ve derişimi 1M olan çözeltiler kullanılarak hesaplanmıştır. Bu değerlerden herhangi biri değiştiğinde elektrot potansiyeli de değişir.

Standart elektrot potansiyeli; sıcaklığa, derişime ve elektrotlarda gaz kullanılmış ise basınca bağlıdır. Elektrodun kütlesine, boyutuna ve sabit derişimde çözelti hacmine bağlı değildir.

Bilgi Kutusu

Le Chatelier İlkesi'ne göre dengedeki bir sisteme dışarıdan bir etki yapılırsa sistem bu etkiyi azaltacak yönde tepki vererek yeniden dengeye ulaşır.

Araştırınız

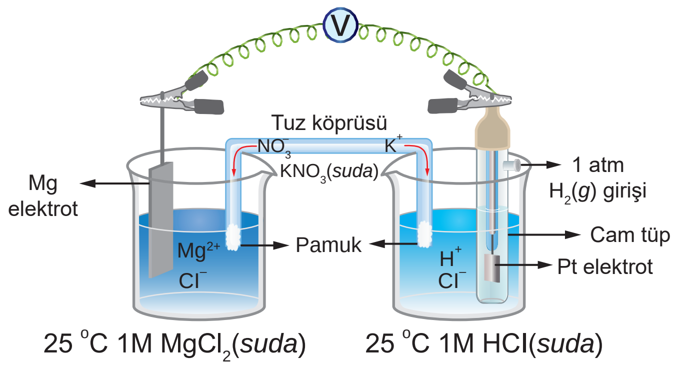
Piller neden soğuk ortamda saklanmalıdır?

Sıcaklık Etkisi

Günlük hayatta çok sık kullanılan cep telefonları, dizüstü bilgisayarlar veya tabletler ısındığında bu cihazların pillerinin zarar gördüğü bilinmektedir. Yüksek sıcaklık, bu pillerin performansını olumsuz yönde etkilediği gibi galvanik pillerin performansını da olumsuz yönde etkiler. Çünkü standart elektrot potansiyeli 25 °C sıcaklıkta ölçülen değerdir. Sıcaklık değişimi elektrot potansiyelini de değiştirecektir. Elektrokimyasal pillerde gerçekleşen tepkimeler denge tepkimesidir ve bu tepkimeler dengeye ulaşma eğilimindedir. Bu tepkimelerin dış etkilere karşı Le Chatelier (Lö Şatöli) İlkesi'ne göre dengeye ulaştığını 11. sınıf kimya dersinde öğrenmiştiniz. Elektrokimyasal pilin potansiyeli sıcaklıkla ters orantılı olduğundan Le Chatelier İlkesi'ne göre ekzotermik bir denge tepkimesi olan pil tepkimelerinde sıcaklık artışı, dengeyi reaktifler lehine bozar ve pil potansiyelini azaltır. Sıcaklığın azalması ise dengeyi ürünler lehine bozarak pil potansiyelini artırır.

Basınç Etkisi

Standart elektrot potansiyeli, 25 °C ve 1 atm basınçta ölçülen değerdir. Basınç değişimi bu değeri de değiştirecektir. Ancak basınç değişimi sadece SHE içeren galvanik pillerde etkilidir (Şekil 1.13). Bu durum da Le Chatelier İlkesi ile açıklanır.



Şekil 1.13: Mg-SHE galvanik pili

Anot: $Mg(k) \longrightarrow Mg^{2+}(suda) + 2e^-$ $\quad E^o_{yük.} = 2,372$ V

Katot: $2H^+(suda) + 2e^- \longrightarrow H_2(g)$ $\quad E^o_{ind.} = 0,000$ V

$$Mg(k) + 2H^+(suda) \rightleftarrows Mg^{2+}(suda) + H_2(g) \quad E^o_{pil} = 2,372 \text{ V}$$

pil tepkimesinde SHE'nin bulunduğu yarı hücrede H_2 gazının basıncı artırılırsa denge reaktifler lehine bozulur ve pil potansiyeli azalır. H_2 gazının basıncı azalırsa denge ürünler lehine bozulur ve pil potansiyeli artar.

Derişim Etkisi

Alman bilim insanı Walther Hermann Nernst (Valter Herman Nernst) (Görsel 1.5) 25 °C'de standart pil potansiyeliyle derişimi 1M'dan farklı olan (standart olmayan) pil potansiyeli arasındaki ilişkiyi araştırmış ve

$$E_{pil} = E^o_{pil} - \frac{0,0592}{n} \cdot \log Q_c$$

eşitliğini bulmuştur. Bu eşitliğe **Nernst eşitliği** denir.



Görsel 1.5: Walther Hermann Nernst

Bu eşitlikte,

E_{pil}: Standart olmayan şartlarda pil potansiyeli,

E^o_{pil}: Standart şartlarda pil potansiyeli,

n: Hücre tepkimesinde alınan ya da verilen toplam elektron sayısı,

Q_c: Pil tepkimesinin derişimler türünden denge kesiridir. Q_c değeri 1 çıkarsa log1 = 0 olduğundan $E_{pil} = E^o_{pil}$ olur.

Saf katı ve sıvılar denge kesirinde yazılmaz.

Nernst eşitliği standart olmayan şartlarda hem yarı hücre potansiyelinin hem de pil potansiyelinin hesaplanmasında kullanılır.

Örnek

Mg^{2+}(*suda*) + $2e^-$ ⟶ Mg(*k*) **yarı hücresinde** $[Mg^{2+}]$ **= 0,1M alınırsa** $E_{ind.}$ **değeri kaç volt bulunur?**

($Mg^{2+}_{(1M)}$ + $2e^-$ ⟶ Mg(*k*) $E^o_{ind.}$ = -2,372 V)

Çözüm

$$E_{ind.} = E^o_{ind.} - \frac{0,0592}{n} \cdot \log Q_c$$

$$E_{ind.} = -2,372 - \frac{0,0592}{2} \cdot \log \frac{1}{0,1}$$

$E_{ind.} = -2,4016$ V bulunur.

Örnek

2Fe(*k*) + $3Cu^{2+}$(*suda*) ⇌ $2Fe^{3+}$(*suda*) + 3Cu(*k*) E^o_{pil} = 0,377 V

Yukarıdaki elektrokimyasal hücrede anot ve katot yarı hücrelerindeki elektrolit derişimleri 0,1'er molardır. **Buna göre E_{pil} değerini bulunuz.**

Çözüm

Anot ve katot yarı hücrelerinin derişimleri eşit olduğuna göre,

$[Fe^{3+}] = [Cu^{2+}] = 0,1$M'dır.

$$Q_c = \frac{[Fe^{3+}]^2}{[Cu^{2+}]^3} = \frac{(0,1)^2}{(0,1)^3} = 10 \text{ bulunur.}$$

$$E_{pil} = E^o_{pil} - \frac{0,0592}{n} \cdot \log Q_c$$

Fe(*k*) $3e^-$ vermiş ve Cu^{2+}(*suda*) $2e^-$ almıştır. Alınan ve verilen e^- sayıları eşitlendiğinde n değeri 6 bulunur.

$$E_{pil} = 0,377 - \frac{0,0592}{6} \cdot \log 10 \quad (\log 10 = 1)$$

$$E_{pil} = 0,377 - \frac{0,0592}{6} \cdot 1$$

$E_{pil} \cong 0,3671$ V'tur.

Örnek

Ni^{2+} ve Sn^{2+} iyonlarının standart indirgenme yarı tepkimeleri ve potansiyelleri aşağıda verilmiştir:

$$Ni^{2+}(suda) + 2e^- \longrightarrow Ni(k) \qquad E^o_{ind.} = -0,250 \text{ V}$$

$$Sn^{2+}(suda) + 2e^- \longrightarrow Sn(k) \qquad E^o_{ind.} = -0,136 \text{ V}$$

Ni ve Sn elektrotlarıyla oluşturulan bir galvanik pilde $[Ni^{2+}] = 0,1M$ ve $[Sn^{2+}] = 0,01M$ alındığında pil potansiyeli kaç volt bulunur?

Çözüm

Ni^{2+} iyonunun indirgenme potansiyeli Sn^{2+} iyonunun indirgenme potansiyelinden küçük olduğundan Sn elektrot katot, Ni elektrot anot yarı hücresidir. Buna göre,

$$\text{Katot: } Sn^{2+}(suda) + 2e^- \longrightarrow Sn(k) \qquad E^o_{ind.} = -0,136 \text{ V}$$

$$\text{Anot: } Ni(k) \longrightarrow Ni^{2+}(suda) + 2e^- \qquad E^o_{yük.} = 0,250 \text{ V}$$

$$Ni(k) + Sn^{2+}(suda) \rightleftharpoons Sn(k) + Ni^{2+}(suda) \qquad E^o_{pil} = 0,114 \text{ V}$$

bulunur.

$$E_{pil} = E^o_{pil} - \frac{0,0592}{n} \cdot \log Q_c$$

$$E_{pil} = 0,114 - \frac{0,0592}{2} \cdot \log \frac{0,1}{0,01} \text{ ise } E_{pil} = 0,0844 \text{ V bulunur.}$$

$E_{pil} < E^o_{pil}$ olduğu görülür. Bu örnekte derişim, pil potansiyelinin azalmasına sebep olmuştur.

11. Alıştırma

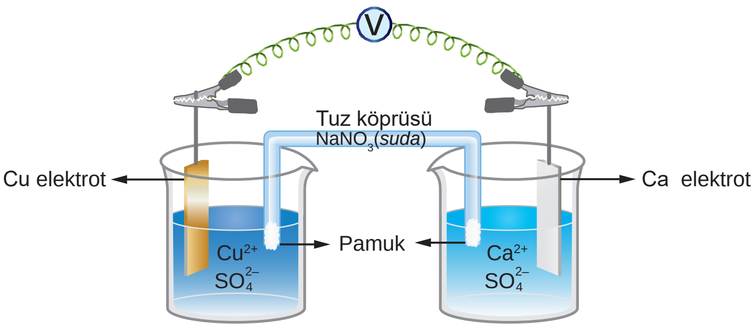
Bir Cr-Pb hücresinde Cr^{3+} iyonları derişimi 0,1M, Pb^{2+} iyonları derişimi 1M'dır. Bu pilin potansiyeli kaç volttur?

(Standart elektrot potansiyelleri için Tablo 1.3'ten faydalanabilirsiniz.)

Cevap

Örnek

Standart şartlarda Cu^{2+} ve Ca^{2+} iyonlarının indirgenme potansiyelleri sırasıyla 0,337 V ve -2,866 V'tur.



100 mL
25 °C 0,01M $CuSO_4$(*suda*)
I. kap

100 mL
25 °C 0,1M $CaSO_4$(*suda*)
II. kap

Buna göre yukarıda verilen pilinin E_{pil} değeri kaç volttur?

Çözüm

Verilen indirgenme potansiyellerine göre I. kabın katot, II. kabın anot olduğu görülür.

Anot: $Ca(k) \longrightarrow Ca^{2+} + 2e^-$ $\quad E^o_{yük.} = 2,866$ V

Katot: $Cu^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cu(k)$ $\quad E^o_{ind.} = 0,337$ V

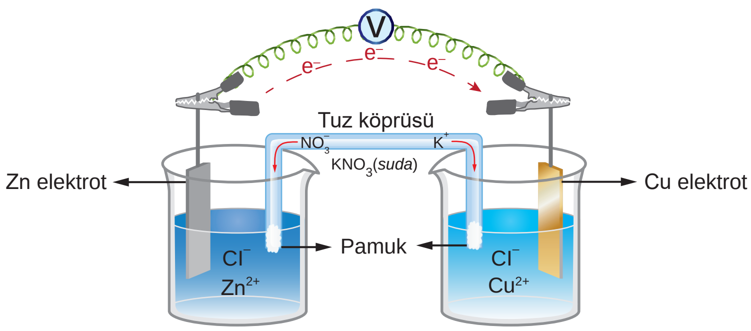
$Ca(k) + Cu^{2+}(suda) \rightleftharpoons Ca^{2+}(suda) + Cu(k)$ $\quad E^o_{pil} = 3,203$ V

$$E_{pil} = E^o_{pil} - \frac{0,0592}{n} \cdot \log Q_c$$

$$E_{pil} = 3,203 - \frac{0,0592}{2} \cdot \log \frac{0,1}{0,01}$$

$E_{pil} = 3,1734$ V bulunur.

Derişim, sıcaklık ve basınç değişiminin pil potansiyelini nasıl etkilediğini yorumlayabilmek için Şekil 1.14'teki elektrokimyasal pili inceleyiniz.



25 °C 1M $ZnCl_2$(*suda*)
A kabı

25 °C 1M $CuCl_2$(*suda*)
B kabı

Şekil 1.14: Zn-Cu galvanik pili

Galvanik pile yapılan etkileri Le Chatelier İlkesi ile açıklamak için önce pil tepkimesi bulunur.

Bilgi Kutusu

Le Chatelier İlkesi'ne göre sulu çözeltilerde reaktiflerin derişimi artarsa denge, ürünler lehine bozulur ve pil potansiyeli artar. Ürünlerin derişimi artarsa denge, reaktifler lehine bozulur ve pil potansiyeli azalır.

Anot:	$Zn(k) \longrightarrow Zn^{2+}(suda) + 2e^-$
Katot:	$Cu^{2+}(suda) + 2e^- \longrightarrow Cu(k)$
Pil Tepkimesi:	$Zn(k) + Cu^{2+}(suda) \rightleftharpoons Zn^{2+}(suda) + Cu(k)$

- A yarı hücresine saf su ilave edilirse bu hücrede Zn^{2+}(*suda*) derişimi azalacağından Le Chatelier İlkesi'ne göre denge, ürünler lehine bozulur ve pil potansiyeli artar.

- B yarı hücresine saf su ilave edilirse bu hücrede Cu^{2+}(*suda*) derişimi azalır.

$$Zn(k) + Cu^{2+}(suda) \rightleftharpoons Zn^{2+}(suda) + Cu(k)$$

pil tepkimesinde Le Chatelier İlkesi'ne göre denge, reaktifler lehine bozulur ve pil potansiyeli azalır.

- A yarı hücresine bir miktar $ZnCl_2$ katısı ilave edilip çözünürse Zn^{2+}(*suda*) derişimi artar.

$$Zn(k) + Cu^{2+}(suda) \rightleftharpoons Zn^{2+}(suda) + Cu(k)$$

pil tepkimesinde Le Chatelier İlkesi'ne göre denge, reaktifler lehine bozulur ve pil potansiyeli azalır.

- B yarı hücresine bir miktar $CuCl_2$ katısı ilave edilip çözünürse Cu^{2+}(*suda*) derişimi artar.

$$Zn(k) + Cu^{2+}(suda) \rightleftharpoons Zn^{2+}(suda) + Cu(k)$$

pil tepkimesinde Le Chatelier İlkesi'ne göre denge, ürünler lehine bozulur ve pil potansiyeli artar.

- A yarı hücresine bir miktar Na_2S katısı ilave edildiğinde

$$Zn^{2+}(suda) + S^{2-}(suda) \longrightarrow ZnS(k)$$

tepkimesi gerçekleşir. ZnS katısının sudaki çözünürlüğü az olduğundan çöker ve Zn^{2+}(*suda*) derişimi azalır.

$$Zn(k) + Cu^{2+}(suda) \rightleftharpoons Zn^{2+}(suda) + Cu(k)$$

pil tepkimesinde Le Chatelier İlkesi'ne göre denge, ürünler lehine bozulur ve pil potansiyeli artar.

- B yarı hücresine bir miktar Na_2S katısı ilave edildiğinde

$$Cu^{2+}(suda) + S^{2-}(suda) \longrightarrow CuS(k)$$

tepkimesi gerçekleşir. CuS katısının sudaki çözünürlüğü az olduğundan çöker ve Cu^{2+}(*suda*) derişimi azalır.

$$Zn(k) + Cu^{2+}(suda) \rightleftharpoons Zn^{2+}(suda) + Cu(k)$$

pil tepkimesinde Le Chatelier İlkesi'ne göre denge, girenler lehine bozulur ve pil potansiyeli azalır.

Bilgi Kutusu

$ZnCl_2$ katısı suda $ZnCl_2(k) \longrightarrow Zn^{2+}(suda) + 2Cl^-(suda)$ şeklinde çözünür.

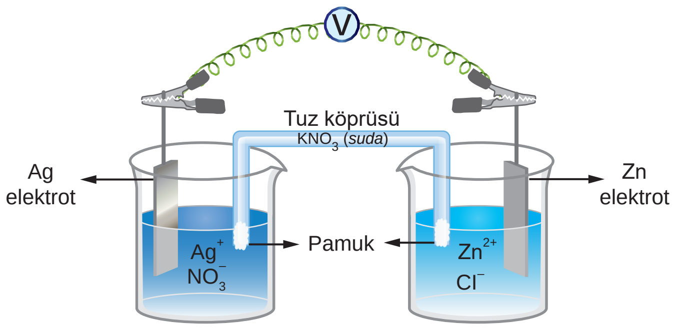
$CuCl_2$ katısı suda $CuCl_2(k) \longrightarrow Cu^{2+}(suda) + 2Cl^-(suda)$ şeklinde çözünür.

Na_2S katısı suda $Na_2S(k) \longrightarrow 2Na^+(suda) + S^{2-}(suda)$ şeklinde çözünür.

ZnS, CuS, NiS, AgCl gibi sudaki çözünürlükleri az olan tuzlar çökelir.

- Pil tepkimeleri ekzotermik olduğundan sıcaklık artırılırsa denge reaktifler lehine bozulur ve pil potansiyeli azalır.

Örnek



25 °C 1M $AgNO_3$ (*suda*) A kabı — 25 °C 1M $ZnCl_2$ (*suda*) B kabı

$Zn^{2+}(suda) + 2e^- \longrightarrow Zn(k)$ $\quad E^o_{ind.} = -0,763$ V

$Ag^+(suda) + e^- \longrightarrow Ag(k)$ $\quad E^o_{ind.} = 0,799$ V

Yukarıda verilen elektrokimyasal pille ilgili,

I. A kabına saf su ilave edilirse pil potansiyeli azalır.

II. B kabına K_2S katısı eklenip çözünürse pil potansiyeli artar.

III. A kabına bir miktar $AgNO_3$ katısı eklenip çözünürse pil potansiyeli 1,562 V'tan küçük çıkar.

yargılarından hangileri doğrudur? (ZnS suda az çözünür.)

Bilgi Kutusu

Nitrat (NO_3^-) iyonu içeren bileşikler suda genellikle iyi çözünür.

Çözüm

Verilen indirgenme potansiyellerine göre Zn elementi Ag elementinden daha aktiftir. Dolayısıyla Zn elektrot anot, Ag elektrot ise katottur.

Anot: $Zn(k) \longrightarrow Zn^{2+}(suda) + 2e^-$ $\quad E^o_{yük.} = 0,763$ V

Katot: $2/\ Ag^+(suda) + e^- \longrightarrow Ag(k)$ $\quad E^o_{ind.} = 0,799$ V

Pil tep.: $Zn(k) + 2\,Ag^+(suda) \rightleftharpoons Zn^{2+}(suda) + 2Ag(k)$ $\quad E^o_{pil} = 1,562$ V

I. A kabına su eklenirse çözeltideki Ag^+ iyonlarının derişimi azalır. Bunun sonucunda Le Chatelier İlkesi'ne göre denge, girenler lehine bozulur ve pil potansiyeli azalır.

II. K_2S katısı çözündüğünde çözeltideki Zn^{2+} ve S^{2-} iyonları çözünürlüğü az olan ZnS şeklinde çöker. Zn^{2+} iyonlarının derişimi azalır. Le Chatelier İlkesi'ne göre denge, ürünler lehine bozulur. Pil potansiyeli artar.

III. A kabına $AgNO_3$ katısı ilave edilip çözünürse çözeltideki Ag^+ iyonlarının derişimi artar. Le Chatelier İlkesi'ne göre denge, ürünler lehine bozulur. Pil potansiyeli artar. Standart pil potansiyeli 1,562 V olduğundan yeni pil potansiyeli bu değerden büyük olur.

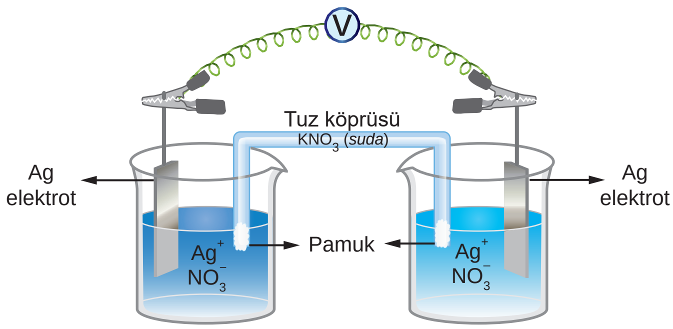
Cevap I ve II'dir.

Derişim Pilleri

Elektrotları aynı, elektrolit derişimleri farklı olan elektrokimyasal pillere **derişim pili** denir.

- Bu pillerde elektrolit derişimi küçük olan yarı hücre anot, büyük olan yarı hücre katot görevindedir.
- Derişim pillerinde zamanla anot yarı hücresinin derişimi artar, katot yarı hücresinin derişimi azalır.
- Bir derişim pilinde anot ve katot yarı hücrelerinin derişimleri eşitlenince pil potansiyeli sıfır olur, pil çalışmaz.

Örnek



25 °C 1M $AgNO_3$ (*suda*)
A kabı

25 °C 0,1M $AgNO_3$ (*suda*)
B kabı

Yukarıda gösterilen derişim piliyle ilgili,

I. A kabı katot yarı hücresidir.

II. Elektronlar B kabından A kabına doğru hareket eder.

III. B kabına saf su eklenirse pil potansiyeli azalır.

yargılarından hangileri doğrudur?

Çözüm

I. Derişim pillerinde elektrolit derişimi küçük olan yarı hücre anot yarı hücresi olduğundan B kabı anot yarı hücresi, A kabı katot yarı hücresidir.

II. Elektronlar B kabından A kabına doğru hareket eder.

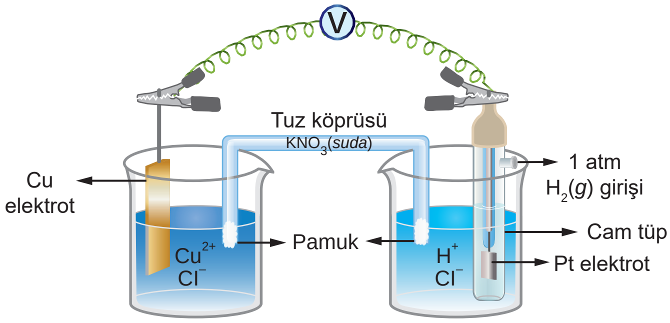
III. B kabına saf su eklendiğinde

$$Ag^{+}(1M) \rightleftharpoons Ag^{+}(0,1M)$$

Ag^{+}(0,1M) iyonlarının derişimi azalacağından denge, ürünler lehine bozulur ve pil potansiyeli artar.

Cevap I ve II'dir.

Örnek



25 °C 1M $CuCl_2$(*suda*)
A kabı

25 °C 1M HCl(*suda*)
B kabı

Cu^{2+}(*suda*) + $2e^-$ ⟶ Cu(*k*) $E^o_{ind.}$ = 0,337 V

$2H^+$(*suda*) + $2e^-$ ⟶ H_2(*g*) $E^o_{ind.}$ = 0,000 V

Yukarıda gösterilen elektrokimyasal pille ilgili,

I. H_2 gazının basıncı artarsa pil potansiyeli artar.

II. Pil çalışırken B kabında pH zamanla artar.

III. Cu elektrodun kütlesi zamanla artar.

yargılarından hangileri doğrudur?

Çözüm

Cu^{2+} iyonunun standart indirgenme potansiyeli H^+ iyonunun standart indirgenme potansiyelinden büyük olduğundan A kabı katot, B kabı anottur.

Anot: H_2(*g*) ⟶ $2H^+$(*suda*) + $2e^-$ $E^o_{yük.}$ = 0,000 V

Katot: Cu^{2+}(*suda*) + $2e^-$ ⟶ Cu(*k*) $E^o_{ind.}$ = 0,337 V

Pil Tepkimesi: H_2(*g*) + Cu^{2+}(*suda*) ⇌ Cu(*k*) + $2H^+$(suda) E^o_{pil} = 0,337 V

I. H_2 gazının basıncı artarsa Le Chatelier İlkesi'ne göre denge, ürünler lehine bozulur ve pil potansiyeli artar.

II. Anot kabında

H_2(*g*) ⟶ $2H^+$(*suda*) + $2e^-$ tepkimesi gerçekleşirken çözeltide H^+ iyonlarının derişimi artacağından pH azalır.

III. Katot kabında

Cu^{2+}(*suda*) + $2e^-$ ⟶ Cu(*k*) tepkimesi gerçekleşirken Cu katısı oluşur, elektrot yüzeyinde birikir. Elektrodun kütlesi artar.

Cevap I ve III'tür.

Bilgi Kutusu

Bir çözeltinin asitliği H^+ derişimiyle doğru, pH değeriyle ters orantılıdır.

4. BÖLÜM

KİMYASALLARDAN ELEKTRİK ÜRETİMİ

Konular

1.4.1. Galvanik Piller

1.4.2. Lityum İyon Pilleri

Anahtar Kavramlar

- Galvanik hücre

Tarih boyunca yapılan keşifler ve icatlar insanoğlunun hayatını kolaylaştırmış ve ona daha iyi yaşam imkânı sağlamıştır. İnsan hayatını kolaylaştıran önemli keşiflerden biri de elektriktir. Bu enerjinin en büyük dezavantajı depolanamamasıdır. Bu nedenle santrallerde üretilen elektrik, iletken tel yardımıyla doğrudan kullanıcıya sunulmaktadır.

Elektrikle çalışan, taşınabilir ürünlerin kullanımının yaygınlaşmasıyla elektrik üretmek ve depolamak için küçük, taşınabilir araçların varlığına ihtiyaç duyulmuş, bu ihtiyacı karşılamak için de piller geliştirilmiştir.

Bu bölümde bazı pil çeşitlerini ve bunların yapılış prensiplerini öğreneceksiniz.



1.4.1. Galvanik Piller

Galvanik piller iki yarı hücrenin iletken tel ve tuz köprüsüyle birbirine bağlandığı sistemlerdir. Bu sistemde iletken tel, anot yarı hücresindeki elektrodun yükseltgenmesiyle açığa çıkan elektronları katot elektroda iletir. Zamanla galvanik hücrenin anot yarı hücresinde pozitif, katot yarı hücresinde negatif yük fazlalığı oluşur. Tuz köprüsündeki katyonlar katot yarı hücresine, anyonlar anot yarı hücresine geçerek yük denkliğini sağlar.

Galvanik pil, tuz köprüsü olmadan çalışmaz. Çünkü tuz köprüsü yarı hücrelerdeki yük denkliğini sağlar.

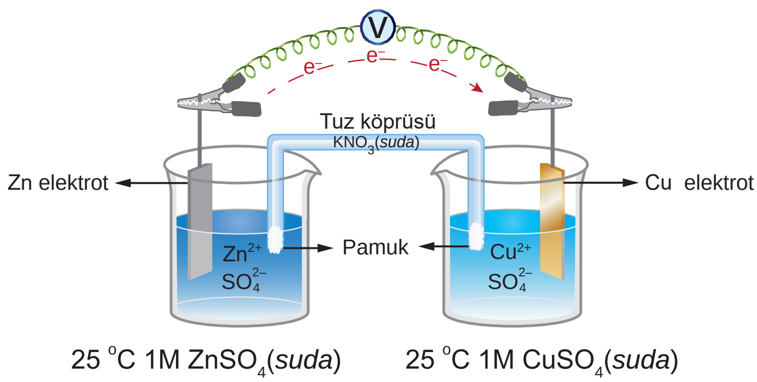
Galvanik bir pilin potansiyeli, elektrot ve elektrolitlerin cinsine, iyonların derişim ve sıcaklığına bağlıdır. Galvanik hücrenin büyüklüğü, çözelti hacmi (sıcaklık ve derişimi sabit kalmak şartıyla), elektrodun temas yüzeyi ve kütlesi, pil potansiyelini etkilemez. Galvanik hücre hacim olarak büyüdükçe pilin voltajı değişmez fakat ömrü uzar. Elektrolitlerin derişimleri ve elektrotların büyüklüğü arttıkça pilin ömrü uzar. Örneğin 1,5 V'luk farklı büyüklüklerdeki pillerin voltajları aynı olmasına rağmen ömürleri farklıdır. Elektrot büyüklüğü fazla olan pilin ömrü daha uzundur. Galvanik hücrede anot yarı hücresinde zamanla pozitif, katot yarı hücresinde negatif yük fazlalığının oluşması pilin ömrünü azaltır.

Galvanik pillerde yarı hücreler arasındaki etkileşim ve pilin potansiyeli, elektrot olarak kullanılan metallerin aktiflikleriyle ilgilidir. Metallerin aktifliklerine göre elektronlar yarı hücreler arasında hareket ederek pil potansiyelini oluşturur. Al-Pb ve Mg-Pb galvanik pilleri incelenecek olursa,

$Al(k) / Al^{3+}(1M) // Pb^{2+}(1M) / Pb(k)$ $\quad E^{o}_{pil} = 1,536\ V$

$Mg(k) / Mg^{2+}(1M) // Pb^{2+}(1M) / Pb(k)$ $\quad E^{o}_{pil} = 2,246\ V$

aktifliği fazla olan Mg elementi ile oluşturulan pilin potansiyelinin, aktifliği az olan Al elementiyle oluşturulan pilden daha yüksek olduğu görülür.



Şekil 1.15: Zn-Cu galvanik pili

Şekil 1.15 incelendiğinde $ZnSO_4$ çözeltisine Zn elektrot, $CuSO_4$ çözeltisine Cu elektrot batırılıp her iki yarı hücre iletken bir tel ve tuz

Video Bilgi

Limondan Elektrik Üretimi

köprüsüyle birbirine bağlandığında sistemin elektrik ürettiği voltmetre yardımıyla görülür.

Bu elektrokimyasal pilde Zn elektrodu zamanla aşınır, $ZnSO_4$ çözeltisindeki Zn^{2+} derişimi artar. Cu elektrodu üzerinde Cu katısı toplanır, $CuSO_4$ çözeltisindeki Cu^{2+} iyonlarının derişimi azalır. Böylece Zn elektrodun anot, Cu elektrodun katot olduğu anlaşılır.

Zn-Cu pilinde gerçekleşen olay istemli bir redoks tepkimesidir.

Anot: $Zn(k) \longrightarrow Zn^{2+}(suda) + 2e^-$ $\quad E^o_{yük.} = 0,763$ V

Katot: $Cu^{2+}(suda) + 2e^- \longrightarrow Cu(k)$ $\quad E^o_{ind.} = 0,337$ V

Pil tepkimesi: $Zn(k) + Cu^{2+}(suda) \rightleftharpoons Zn^{2+}(suda) + Cu(k)$

$E^o_{pil} = 1,100$ V

Pil çalışırken anotta pozitif (+) yük miktarı artar, katotta ise azalır. Çözeltilerdeki yük denkliği bozulur. Yük denkliğinin tekrar sağlanması için tuz köprüsündeki anyonlar anoda, katyonlar ise katoda hareket eder.

Örnek

$Ni^{2+}(suda) + 2e^- \longrightarrow Ni(k)$ $\quad E^o_{ind.} = -0,250$ V

$Fe^{2+}(suda) + 2e^- \longrightarrow Fe(k)$ $\quad E^o_{ind.} = -0,440$ V

$Ag^{+}(suda) + e^- \longrightarrow Ag(k)$ $\quad E^o_{ind.} = 0,799$ V

Yukarıda standart indirgenme potansiyelleri verilen elementler arasında Fe-Ag ve Ni-Ag galvanik pilleri oluşturulmaktadır. **Buna göre bu pillerin potansiyellerini (voltajlarını) kıyaslayınız.**

Çözüm

Fe-Ag pilinde; Fe^{2+} iyonlarının indirgenme potansiyeli Ag^+ iyonlarının indirgenme potansiyelinden küçük olduğundan Fe elektrot anot, Ag elektrot katottur. Fe yarı hücresinde yükseltgenme, Ag yarı hücresinde ise indirgenme meydana gelir.

(Bir tepkime herhangi bir sayı ile çarpılırsa E^o değeri değişmez.)

Anot: $Fe(k) \longrightarrow Fe^{2+}(suda) + 2e^-$ $\quad E^o_{yük.} = 0,440$ V

Katot: $2\,Ag^{+}(suda) + 2e^- \longrightarrow 2Ag(k)$ $\quad E^o_{ind.} = 0,799$ V

Pil Tepkimesi: $Fe(k) + 2\,Ag^{+}(suda) \rightleftharpoons Fe^{2+}(suda) + 2Ag(k)$

$E^o_{pil} = 1,239$ V

Ni-Ag pilinde; Ni^{2+} iyonlarının indirgenme potansiyeli Ag^+ iyonlarının indirgenme potansiyelinden küçük olduğundan Ni elektrot anot, Ag elektrot katottur. Ni yarı hücresinde yükseltgenme, Ag yarı hücresinde ise indirgenme gerçekleşir.

Anot: $Ni(k) \longrightarrow Ni^{2+}(suda) + 2e^-$ $\qquad E^o_{yük.} = 0{,}250$ V

Katot: $2\,Ag^{+}(suda) + 2e^- \longrightarrow 2Ag(k)$ $\qquad E^o_{ind.} = 0{,}799$ V

Pil Tepkimesi: $Ni(k) + 2\,Ag^{+}(suda) \rightleftharpoons Ni^{2+}(suda) + 2Ag(k)$ $\qquad E^o_{pil} = 1{,}049$ V

Fe-Ag pilinin voltajı Ni-Ag pilinin voltajından daha büyüktür.

Pillerin Ömrü

Piller için ömür kavramını ay veya yıl olarak tanımlamak yerine "çevrim ömrü" olarak ifade etmek daha doğrudur. Buna göre bir şarj (dolum) ve bunu takiben yapılacak bir deşarj (boşaltma) işleminin karşılığına **bir çevrim** denilmektedir. Şarj edilebilir pillerde 500-1500 çevrime ulaşılabilmektedir. Pilin başlangıçta sahip olduğu enerji kapasitesi her bir çevrim sonucunda bir miktar azalır. Bu nedenle pillerin şarj-deşarj döngüsü sağlanmadan sürekli şarj edilmesi yıpranmayı hızlandıran etkenlerden birisidir.

Isınma, pil bünyesindeki gerilim ve sıcaklık farklılıkları, kimyasal reaksiyonları etkileyen önemli faktörlerdir. Sıcaklık, kimyasal reaksiyonların hızını artırır ancak istenmeyen reaksiyonların oluşmasına da neden olur. Sıcaklıktaki artış, pillerde kendiliğinden ortaya çıkan şarj kaybı hızını artırır.

Cep telefonlarının, tabletlerin, dizüstü bilgisayarların uzun süre kullanılmadığında pillerinin kendiliğinden boşaldığı görülür. Uzun süre şarj edilmeyen pil, zamanla "derin boşalma" durumuna ulaşarak artık şarj edilemez hâle gelir ve ömrünü tamamlar.

Pillerin daha uzun süre ve verimli bir şekilde kullanılabilmesi için aşağıdaki uyarılara dikkat edilmelidir:

- Öngörülen voltaj değerinin üzerindeki akımlar çekilmemelidir.
- Kısa devrelere maruz bırakılmamalıdır.
- Ani ve aşırı voltajla yüklenmemelidir.
- Çok düşük veya yüksek sıcaklıklarda kullanılmamalıdır.
- Üreticisi tarafından tavsiye edilen şarj cihazları ile şarj edilmelidir.
- Darbelere, şoklara, titreşimlere maruz bırakılmamalıdır.
- Uzun süre şarjda tutulmamalıdır.

Kullanım ömrü sınırlı piller, içerdikleri kimyasallar nedeniyle özel geri dönüşüm işlemlerine tabi tutulmalıdır. Kullanılmış piller, evsel atıklarla beraber çöpe değil, piller için oluşturulmuş geri dönüşüm kutularına atılmalıdır (Görsel 1.6). Bu, çevrenin kirletilmemesi açısından çok önemlidir. Bu nedenle, okullar başta olmak üzere, birçok yerde atık pil geri dönüşüm kutuları bulunmaktadır.

Siz de hem ülke ekonomisine hem de çevrenizin temiz kalmasına katkıda bulunmak istiyorsanız evlerinizde bulunan atık pilleri, toplama merkezlerindeki atık pil geri dönüşüm kutularına atmalısınız. Bu bilgileri sosyal medya üzerinden paylaşarak çevre duyarlılığı konusunda farkındalık oluşturabilirsiniz.

Bilgi Kutusu

Piller genellikle cıva, kadmiyum ve kurşun gibi ağır metaller kullanılarak üretilir. Bu nedenle atık piller çeşitli hastalıklara sebep olur. Atık piller; nörolojik bozukluklar, merkezi sinir sistemi, kanser, böbrek ve karaciğer hastalıklarına sebep olabilir. Özellikle cıvanın, eser miktarda dahi olsa, doğada bulunması; çok ciddi zararlar ortaya çıkarabilir.

Atık pillerde bulunan 1 gram cıvanın doğaya bırakılması hâlinde binlerce litre temiz suyu zehirlediği yapılan araştırmalar sonucunda ortaya konulmuştur.

Sadece bir adet kalem pilin denize atılması durumunda pildeki cıva sebebiyle birçok balık zehirlenebilir.

Bir adet kalem pilin toprağa bırakılması hâlinde birkaç ay içerisinde çevresindeki 6 metrekare toprağı tamamen zehirleyeceği bilim insanlarının yaptığı çalışmalarla ortaya konulmuştur.



Görsel 1.6: Atık pil kutuları

1.4.2. Lityum İyon Pilleri

Bir pilin potansiyeli, pili oluşturan elektrotların yükseltgenme potansiyellerinin farkı ile doğru orantılıdır. Anot yarı hücresindeki elektrodu oluşturan metalin yükseltgenme potansiyeli ne kadar yüksek ve katot yarı hücresindeki elektrodu oluşturan metalin yükseltgenme potansiyeli ne kadar düşük ise pil potansiyeli o kadar büyüktür. Standart indirgenme potansiyeli en düşük element olan lityum, anot yarı hücresinde kullanılarak potansiyeli daha büyük pil elde etmek mümkündür. Lityum iyon pilleri 3,6 V'a kadar gerilim üretebilir. Elektrolit olarak çözelti yerine elektriği iletebilen polimer yapıda katı bir madde kullanılır. Bu polimer madde, iyon geçişine izin verirken elektron geçişini engeller. Lityum iyon pillerinde lityum anot, TiS_2 [titanyum(IV) sülfür] katot olarak kullanılır (Şekil 1.16).

Lityum iyon pillerinin bu özelliklerinden başka kullanım avantajları şunlardır:

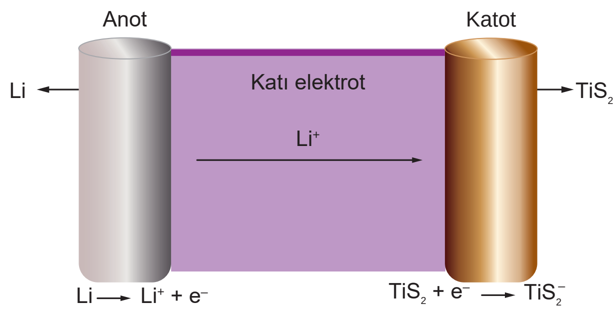
- Tekrar şarj edilerek defalarca kullanılabilir.
- Karbondioksit salınımı çok az olduğundan ve toksik madde içermediğinden çevreye verdiği zarar azdır.
- Kütlesinin küçük, ürettiği enerji miktarının fazla olmasından dolayı dizüstü bilgisayar, tablet ve cep telefonu gibi elektronik eşyalarda yaygın olarak kullanılır (Görsel 1.7 ve 1.8).



Görsel 1.7: Dizüstü bilgisayarlarda kullanılan pil



Görsel 1.8: Cep telefonlarında kullanılan pil



Şekil 1.16: Lityum iyon pili

Lityum iyon pilinde anot ve katotta gerçekleşen tepkimeler

Anot: $Li \rightarrow Li^{+} + e^{-}$

Katot: $TiS_2 + e^{-} \rightarrow TiS_2^{-}$

Pil tepkimesi: $Li + TiS_2 \rightleftharpoons TiS_2^{-} + Li^{+}$

Araştırınız

Lityum iyon pillerinin güncel kullanım alanlarını anlatan bir poster yarışması düzenleyiniz. Yarışmaya katılmak için gruplar oluşturunuz. Çalışmanızın başarılı olabilmesi için grubunuzdaki arkadaşlarınızla iletişim hâlinde olup yardımlaşınız. Hazırlanan posterleri sınıfça puanlayarak değerlendiriniz. Posterlere puan verirken adil olunuz. Oylama sonucunda en yüksek puanı alan çalışmayı sınıf panosunda sergileyiniz.

5. BÖLÜM
ELEKTROLİZ

Konular

1.5.1. Elektrik Akımı ve Maddesel Değişim
1.5.2. Faraday Kanunları
1.5.3. Metal Kaplamacılık

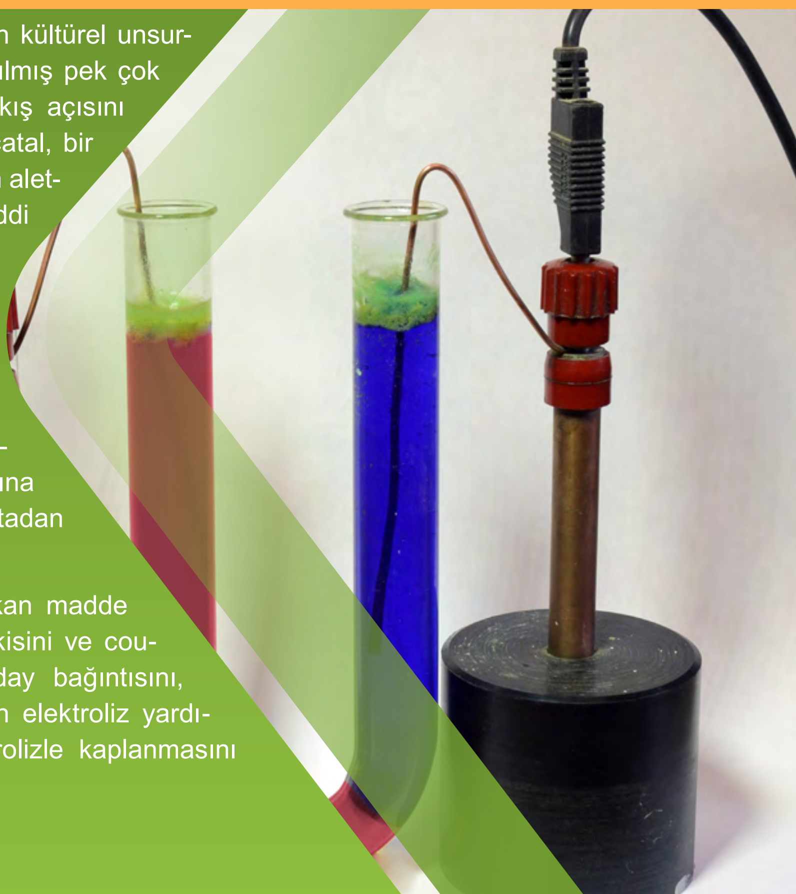
Anahtar Kavramlar

- Elektroliz
- Faraday sabiti
- Elektrik yükü
- Metal kaplamacılık

Bir toplumun geçmişiyle geleceği arasında bağ kuran kültürel unsurlar soyut kavramlarla sınırlı değildir. Geçmişte kullanılmış pek çok eşya da o dönemin insanlarının zevkini, hayata bakış açısını yansıtır. Örneğin eski zamanlardan kalma bir bakır çatal, bir gümüş kaşık sadece günlük ihtiyacı karşılayan sıradan aletler olmanın ötesinde bugünü geçmişe bağlayan maddi değerlerdir. Korozyon ve diğer yıpratıcı etkiler bu metal eşyaların günlük hayatta kullanılmasını engelleyerek ekonomik kayıplara neden olduğu gibi bugünle geçmiş arasındaki bağları da koparmaktadır.

Bilim insanı Michael Faraday (Maykıl Faraday) tarafından 1800'lü yıllarda kullanılan elektroliz birçok kullanım alanının yanı sıra bu metallerin kaplanmasına imkân tanıyarak yukarıda anılan olumsuzlukları ortadan kaldırmıştır.

Bu bölümde elektroliz olayını, elektrolizde açığa çıkan madde miktarıyla zaman ilişkisini, elektrik yüküyle kütle ilişkisini ve coulomb (kulon) birimini öğreneceksiniz. Ayrıca Faraday bağıntısını, Faraday bağıntısıyla hesaplama yapmayı, bileşiklerin elektroliz yardımıyla elementlerine ayrılmasını ve metallerin elektrolizle kaplanmasını öğreneceksiniz.



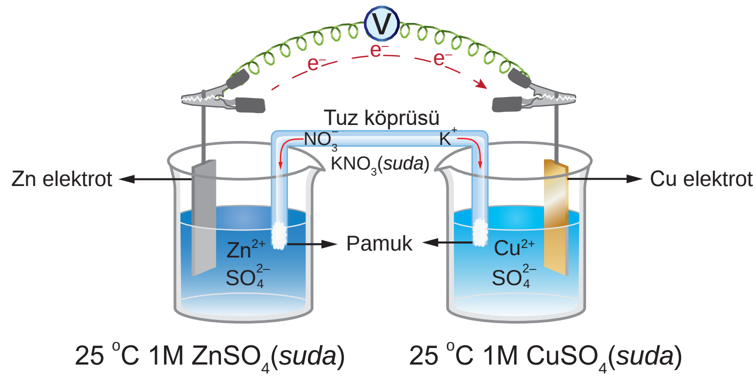
1.5.1. Elektrik Akımı ve Maddesel Değişim

4. Bölüm'de elektrokimyasal hücrelerde kimyasal enerjinin elektrik enerjisine dönüşümü açıklanmıştı. Bu bölümde elektrik enerjisinin kimyasal enerjiye dönüşümünü öğreneceksiniz.

Elektrik enerjisini kimyasal enerjiye dönüştüren elektrokimyasal hücreye **elektrolitik hücre (elektroliz hücresi)**, elektrolitik hücrede gerçekleşen olaya ise **elektroliz** denir.

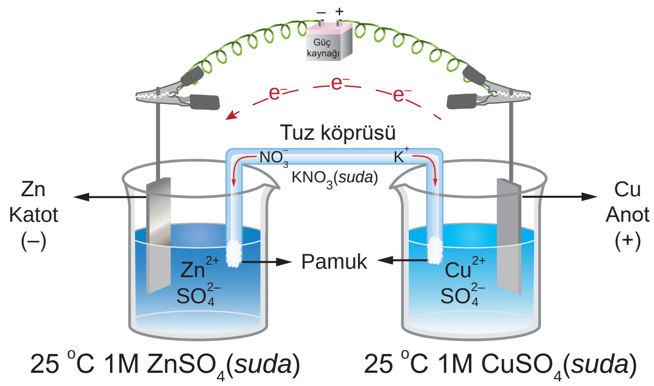
4. Bölüm'de anlatılan elektrokimyasal pilde çinko sülfat ($ZnSO_4$) elektrolitine batırılmış çinko metali anot elektrot, bakır sülfat ($CuSO_4$) elektrolitine batırılmış bakır metali ise katot elektrottur. Bu pilde standart koşullarda istemli olarak gerçekleşen elektrokimyasal tepkime sonucunda 1,100 V elektrik enerjisi üretilir. Zn elektrot aşınıp kütlesi azalırken Cu elektrodun kütlesi artar. Elektrokimyasal pilde gerçekleşen tepkimenin denklemi aşağıdaki gibidir.

$$Zn(k) + Cu^{2+}(suda) \rightleftharpoons Zn^{2+}(suda) + Cu(k) \quad E^{o}_{pil} = 1,100 \ V$$



Şekil 1.17: Zn-Cu galvanik hücresi

Şekil 1.17'de gösterilen elektrokimyasal pildeki voltmetre yerine 1,10 V'tan daha yüksek gerilim uygulayan bir üreteç bağlanırsa tepkime tersine döner (Şekil 1.18). Yani Cu elektrot anot, Zn elektrot katot işlevi görür. Cu elektrot aşınıp kütlesi azalırken Zn elektrodun kütlesi artar. Böylece üretecin ürettiği enerjinin etkisiyle elektroliz hücresinde istemsiz elektrokimyasal bir tepkime gerçekleşir.



Şekil 1.18: Zn-Cu elektroliz düzeneği

Şekil 1.18'de gösterilen Zn-Cu elektroliz düzeneğinde

$$Cu(k) + Zn^{2+}(suda) \rightleftharpoons Cu^{2+}(suda) + Zn(k)$$

tepkimesi gerçekleşir.

Aşağıdaki tabloda galvanik ve elektrolitik hücre arasındaki farklar gösterilmiştir (Tablo 1.4).

Tablo 1.4: Galvanik Hücre ile Elektrolitik Hücre Arasındaki Farklar

Galvanik Hücre	Elektrolitik Hücre
İstemli redoks tepkimeleri kendiliğinden gerçekleşir.	İstemsiz redoks tepkimeleri elektrik enerjisi yardımıyla gerçekleşir.
Elektrik enerjisi üretilir.	Elektrik enerjisi harcanır.
Aktifliği fazla olan elementle oluşturulan elektrot anottur.	Aktifliği az olan elementle oluşturulan elektrot anottur.

1.5.2. Faraday Kanunları

1800'lü yıllarda Michael Faraday (Görsel 1.9) tarafından yapılan elektrolizle ilgili çalışmalar, Faraday Kanunları olarak adlandırılmış ve günümüze kadar geçerliliğini sürdürmüştür. Faraday Kanunları iki kısımda incelenebilir:



Görsel 1.9: Michael Faraday

1. kanuna göre anot ve katotta toplanan veya çözünen madde miktarı devreden geçen elektrik yük miktarıyla doğru orantılıdır. Bu kanuna göre Avogadro sayısı kadar (1 mol) elektron içeren yük miktarına **1 Faraday (F) yükü** denilmiştir.

1 mol elektronun yükü = 1 F = 96485 C (coulomb)

1 coulomb (kulon), 1 amperlik akımın iletken bir tel üzerinden 1 sn boyunca geçmesi sırasında oluşan elektriksel yüktür. Birimi coulomb olan elektrik yük miktarı aşağıdaki formülle bulunur:

$$\mathbf{Q = I \cdot t}$$

Q: Elektrik yük miktarı (coulomb)

I: Akım şiddeti (amper)

t: Zaman (saniye)

Örnek

0,8 amperlik akım 200 sn boyunca bir iletkenden geçmektedir. **İletkenden geçen elektrik yük miktarı kaç C'dur?**

Çözüm

$Q = I \cdot t$

$Q = 0,8 \cdot 200$

Q = 160 C'dur.

Anot veya katotta toplanan veya çözünen madde miktarı hesaplanırken aşağıdaki formül kullanılır.

Elektrolizde açığa çıkan madde miktarı (m):

$$m = \frac{Q \cdot M_A}{96485 \cdot Z} = \frac{I \cdot t \cdot M_A}{96485 \cdot Z}$$ formülü ile hesaplanır.

Q: Elektrik yük miktarı (coulomb) I: Akım şiddeti (amper)

t: Zaman (saniye) M_A: Mol kütlesi

Z: Tesir değerliği (alınan veya verilen elektron sayısı)

Örnek

9648,5 C elektrik yükü kullanılarak $MgCl_2$ sıvısı elektroliz edilmektedir.
Buna göre;

a) **Katotta toplanan Mg katısı kaç gramdır?** (Mg: 24)

b) **Anotta toplanan Cl_2 gazı normal koşullarda kaç litre hacim kaplar?**

Çözüm

a) Katot elektrot negatif yüklü olduğundan Mg^{2+} iyonları katot elektrottan elektron alarak indirgenir. Katotta toplanan Mg katısının kütlesi iki yolla hesaplanır.

I. Yol

Katotta gerçekleşen tepkime $Mg^{2+}(suda) + 2e^- \longrightarrow Mg(k)$ şeklindedir.

$$m = \frac{Q \cdot M_A}{96485 \cdot Z}$$

$$m = \frac{9648{,}5 \cdot 24}{96485 \cdot 2} = 1{,}2 \text{ g bulunur.}$$

II. Yol

$Mg^{2+}(suda) + 2e^- \longrightarrow Mg(k)$ şeklinde tepkime gerçekleşir. Tepkimede 1 mol Mg katısının birikmesi için devreden 2 mol elektron geçmelidir.

1 mol e^- yükü 96485 C
x 9648,5 C

x = 0,1 mol e^- bulunur.

Devreden 0,1 mol e^- geçtiğinde katotta 0,05 mol Mg katısı toplanır.

1 mol Mg 24 g
0,05 mol Mg x

x = 1,2 g Mg katısı toplanır.

b) Anot elektrot pozitif yüklü olduğundan Cl^- iyonları anot elektrotta yükseltgenir. Anotta gerçekleşen yükseltgenme tepkimesi,

$2Cl^-(suda) \longrightarrow Cl_2(g) + 2e^-$ şeklindedir.

Buna göre, devreden 2 mol e^- geçtiğinde 1 mol Cl_2 gazı toplanır. Devreden 0,1 mol elektron geçtiğinden anotta toplanan Cl_2 gazı 0,05 moldür.

1 mol Cl_2 gazı 22,4 L
0,05 mol Cl_2 gazı x

x = 1,12 L hacim kaplar.

Örnek

Sıvı hâldeki CuBr bileşiği elektroliz edilmektedir. **Katotta toplanan bakır katısı 12,8 g olduğuna göre devreden geçen elektrik yükü kaç C'dur?** (Cu: 64)

Çözüm

$CuBr(s) \longrightarrow Cu^+(s) + Br^-(s)$ şeklinde iyonlaşır.

Bakır iyonu $Cu^+(s) + e^- \longrightarrow Cu(k)$ şeklinde elektron alarak elektroliz olur. (1 mol e^- = 96485 C)

64 g Cu(*k*) için 96485 C elektrik yükü gerekirse
12,8 g Cu(*k*) için x

x = 19297 C bulunur.

Örnek

96485 C, 192970 C ve 289455 C elektrik yük değerlerinin kullanıldığı NaCl sıvısının elektrolizinde devreden geçen yük ve katotta toplanacak madde miktarını gösteren grafiği çiziniz. (Na: 23)

Çözüm

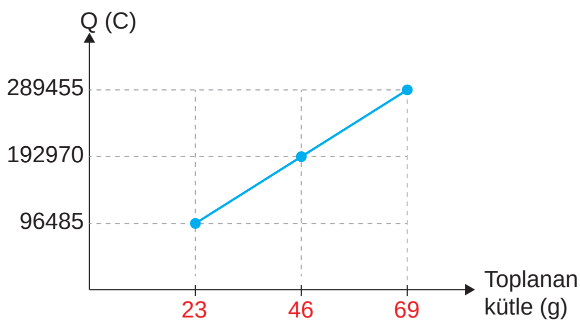
Anot ve katotta toplanan madde miktarı devreden geçen elektrik yük miktarıyla doğru orantılıdır. Na^+ iyonları e^- alarak indirgenir ve katotta Na katısı şeklinde toplanır.

$Na^+(s) + e^- \longrightarrow Na(k)$

tepkimesine göre 1 mol e^- yükü geçtiğinde katotta 1 mol Na katısı birikir. Buna göre;

1 mol e^- yükü = 96485 C = 23 g Na
2 mol e^- yükü = 192970 C = 46 g Na
3 mol e^- yükü = 289455 C = 69 g Na

değerleri bulunarak yandaki grafik çizilir.



Sıra Sizde

19297 C, 38594 C, 57891 C elektrik yük değerlerinin kullanıldığı $MgBr_2$ sıvısının elektrolizinde devreden geçen yük ve katotta biriken Mg kütlelerini gösteren grafiği elektronik tablolama programını kullanarak çiziniz. (Mg: 24)

12. Alıştırma

Sıvı $FeCl_3$ bileşiği elektroliz edilirken katotta 33,6 g Fe katısı toplanmaktadır. **Buna göre anotta toplanan Cl_2 gazı normal koşullarda kaç litre hacim kaplar?** (Fe: 56)

Cevap

Bilgi Kutusu

Eş değer kütle bir maddenin mol kütlesinin tesir değerliğine bölünmesiyle elde edilir.

Örneğin atom kütlesi 27 olan 3A grubu elementi olan alüminyumun tesir değerliği 3'tür. Buna göre Al elementinin 1 eş değer kütlesi $\frac{27}{3} = 9$ olarak bulunur.

2. kanuna göre farklı elektrolitlerden eşit miktarda elektrik yükü geçirildiğinde anot veya katotta meydana gelen kütle değişimi iyonların eş değer kütleleri ile doğru orantılıdır. Bu kanun, seri bağlı elektroliz devreleri için de geçerlidir. Çünkü seri bağlı devrelerden geçen akım ve akımın geçtiği süre eşit olduğundan elektrik yükü de eşittir. Bu durum aşağıdaki bağıntıyla ifade edilir.

$$\frac{m_1 \cdot Z_1}{M_{A_1}} = \frac{m_2 \cdot Z_2}{M_{A_2}}$$

m_1: I. kapta toplanan madde miktarı

m_2: II. kapta toplanan madde miktarı

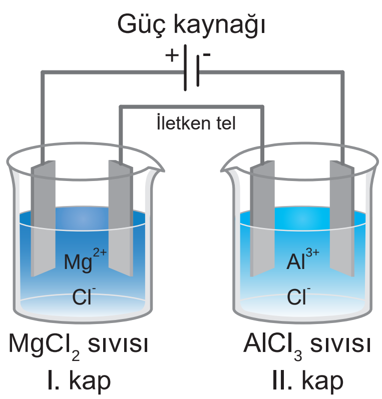
Z_1: I. kapta alınan/verilen elektron sayısı

Z_2: II. kapta alınan/verilen elektron sayısı

M_{A_1}: I. kapta toplanan maddenin molekül kütlesi

M_{A_2}: II. kapta toplanan maddenin molekül kütlesi

Örnek



Mg^{2+} ve Al^{3+} iyonlarını içeren seri bağlı iki elektroliz hücresinden yeteri kadar elektrik yükü geçirildiğinde I. kabın katodunda 7,2 g Mg katısı toplanmaktadır. **Buna göre II. kabın katodunda toplanan Al katısı kaç gramdır?** (Al: 27, Mg: 24)

Çözüm

1. Yol

$$\frac{m_1 \cdot Z_1}{M_{A_1}} = \frac{m_2 \cdot Z_2}{M_{A_2}} \text{ ise } \frac{7{,}2 \cdot 2}{24} = \frac{m_2 \cdot 3}{27}$$

$m_2 = 5{,}4$ g bulunur.

2. Yol

$Mg^{2+}(suda) + 2e^- \longrightarrow Mg(k)$

2 mol e^- için 24 g toplanırsa
x 7,2 g toplanır.

x = 0,6 mol e^- geçer.

(Seri bağlı olduklarından her iki elektroliz hücresinden geçen yük miktarları eşittir.)

$Al^{3+}(suda) + 3e^- \longrightarrow Al(k)$

3 mol e^- için 27 g Al(*k*) toplanırsa
0,6 mol e^- için x

x = 5,4 g bulunur.

13. Alıştırma

Seri bağlı elektroliz kaplarının birinde $FeCl_3$, diğerinde $CuCl_2$ sıvısı bulunmaktadır. Bu kaplardaki sıvılar bir süre elektroliz edildiğinde $FeCl_3$'ün bulunduğu kabın katodunda 5,6 g Fe metali birikmektedir. **Buna göre diğer kabın katodunda kaç gram Cu metali birikir?**

(Fe: 56, Cu: 64)

Cevap

14. Alıştırma

$CrCl_n$ ve $CaBr_2$ sıvıları seri bağlı kaplarda elektroliz edildiğinde I. kabın katodunda 10,4 g Cr katısı, II. kabın katodunda 12 g Ca katısı toplanmaktadır.

Buna göre $CrCl_n$ bileşiğindeki n değeri kaçtır?

(Cr: 52, Ca: 40)

Cevap

Video Bilgi

Elektroliz ile Bakır Kaplama Deneyi



Görsel 1.10: Altınla kaplanmış saat

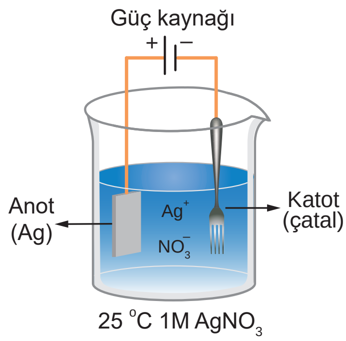
1.5.3. Metal Kaplamacılık

Gündelik hayatta çok fazla kullanım alanına sahip olan metaller, çevresel etkenler nedeniyle zamanla aşınarak kullanılamaz hâle gelir. Bu durum millî servetin kaybı ve doğal kaynakların israfına yol açar. Bu nedenle metal aşınmalarının önlenmesi sürdürülebilir gelişmenin bir parçası ve her bir bireyin sorumluluğudur.

Aşınmanın önlenmesi amacıyla metaller, aşınmaya daha dayanıklı başka metallerle kaplanır. Metal kaplamacılığı, saflaştırmayla beraber endüstride en yaygın yapılan kimyasal işlemlerden biridir.

Kaplamacılıkta altın, gümüş, krom, nikel, bakır gibi metaller kullanılır (Görsel 1.10). Metalle kaplama işleminde kaplanacak madde elektroliz kabında katot elektrot, kaplayacak metal anot elektrot olarak görev yapar. Elektrolit olarak anotta kullanılan metalin iyonunu içeren çözelti kullanılır.

Örneğin bakır bir çatal, gümüşle kaplanmak istenirse çatal katot; gümüş metali anot olarak seçilir. Elektrolitik hücrede çözelti olarak gümüş iyonu içeren çözelti kullanılır. Sulu çözelti içindeki gümüş iyonları katoda gider ve element hâlinde birikerek kaplama olayını gerçekleştirir (Şekil 1.19).



Şekil 1.19: Elektroliz yöntemiyle gümüş kaplama

Kaplama işleminde kaplamada kullanılacak metalin miktarı, kaplaması yapılacak maddenin kullanım amacı ve maliyet önemlidir. Maliyet hesaplanırken Faraday kanunlarından yararlanılır.

15. Alıştırma

80 g kütleli bakır çatal gümüş metali ile kaplanmak istenmektedir. Bakır çatal içinde $AgNO_3$ çözeltisi bulunan elektroliz kabının katoduna bağlanıp 9,6485 amperlik akımla elektroliz edilmektedir. Bakır çatal, gümüşle kaplandığında kütlesi 101,6 g olarak ölçülmektedir.

Buna göre elektroliz süresi kaç saniyedir? (Ag: 108)

Cevap

DENEY

DENEYİN ADI

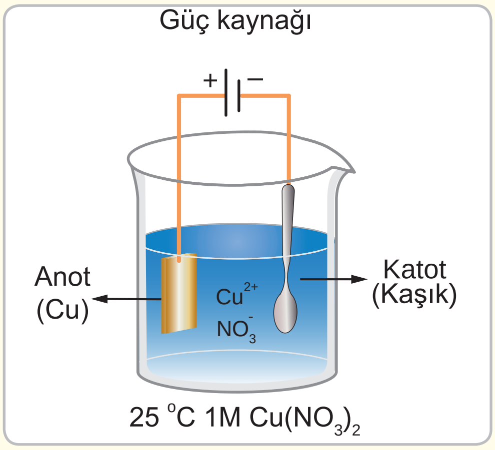
Elektrolizle Bakır Kaplama

DENEYİN AMACI

Metalleri elektrolizle kaplamayı öğrenmek

ARAÇ VE GEREÇLER

- Güç kaynağı
- Eldiven
- 200 mL'lik beher
- Bağlantı kabloları
- Çeşme suyu
- Bakır elektrot
- Metal parçası (kaşık)
- Bakır(II) nitrat
- Terazi ve tartı takımı



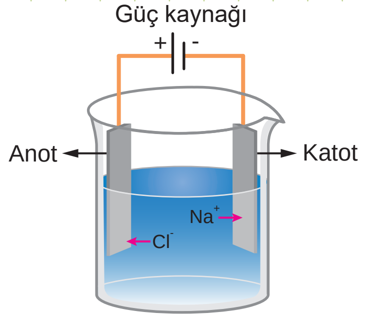
DENEYİN YAPILIŞI

1. Behere 100 mL su doldurup içerisine 20 g bakır(II) nitrat katısı ekleyerek çözünmesini bekleyiniz.
2. Kaplanacak metali (kaşık) terazi yardımıyla tartınız.
3. Kaplanacak metali (kaşık) üretecin negatif (–) kutbuna, bakır elektrodu ise üretecin pozitif (+) kutbuna bağlayınız.
4. Güç kaynağını çalıştırarak kaplama işlemini başlatınız.
5. Bir süre bekledikten sonra güç kaynağını kapatınız ve kaplanan metali tartınız.

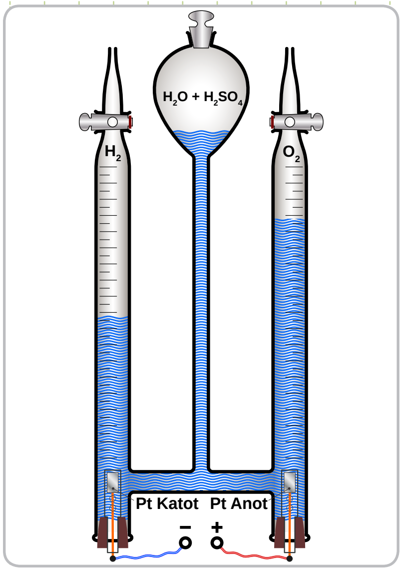
DENEYİN DEĞERLENDİRİLMESİ

1. Deneyin sonunda metalde (kaşık) nasıl bir değişim gözlemlediniz?
2. Günlük hayatta kullanılan bazı eşyaların güzel görünmesi ve korozyondan etkilenmemesi için neler yapılabilir?
3. Evinizdeki metalle kaplanmış eşyalara örnekler veriniz.

DENEYİN SONUCU



Şekil 1.20: NaCl sıvısının elektrolizi



Şekil 1.21: Hoffman voltametresi

Elektroliz ile Bileşiklerin Elementlerine Ayrılması

Doğada birçok element, bileşikleri hâlinde bulunur. Elementleri bileşiklerinden elde etmek için kullanılan yaygın yöntemlerden biri de o elementin oluşturduğu bileşiğin sıvısının elektroliz edilmesidir.

Örneğin sodyum metali doğada genellikle NaCl bileşiği şeklinde bulunur. Elektroliz yardımıyla sıvı hâldeki NaCl bileşiği kullanılarak Na ve Cl_2 elementleri elde edilebilir.

NaCl bileşiğinin sıvısı, elektroliz edilirken Cl^- iyonları anot elektrotta e^- vererek yükseltgenir ve anot elektrot etrafında Cl_2 gazı şeklinde birikir. Cl^- iyonlarının verdiği elektronları katot elektrotta Na^+ iyonları alarak indirgenir ve katot elektrot üzerinde birikir (Şekil 1.20).

Anot ve katottaki tepkimeler aşağıdaki gibi gerçekleşir:

Anot: $Cl^-(s) \longrightarrow \frac{1}{2}Cl_2(g) + e^-$

Katot: $Na^+(s) + e^- \longrightarrow Na(k)$

Net Tepkime: $NaCl(s) \rightleftharpoons Na(k) + \frac{1}{2}Cl_2(g)$

Bu tepkimeler sonucunda Cl_2 gazı ile Na katısı saf olarak elde edilir. Elektrolizde ayrıştırmaya başka bir örnek de suyun elektrolizidir.

Su, H_2 ve O_2 elementlerinden oluşan bir bileşiktir. Oda şartlarında kendiliğinden bileşenlerine ayrışmaz. Suyun elementlerine ayrışması ancak elektrolizle mümkündür. Suyun elektrolizi Hoffman (Hofman) voltametresi ile gerçekleştirilir (Şekil 1.21).

Saf su elektriği az ilettiğinden suyun elektrolizi sırasında elektriksel iletkenliğini artırmak için suya çok az miktarda sülfürik asit ilave edilir.

Suyun elektrolizi sırasında anotta yükseltgenme tepkimesi gerçekleşir ve anot elektrot etrafında O_2 gazı açığa çıkar. Katotta indirgenme tepkimesi gerçekleşir ve katot elektrot etrafında H_2 gazı açığa çıkar.

Anot ve katotta aşağıdaki tepkimeler gerçekleşir:

Anot: $H_2O(s) \longrightarrow \frac{1}{2}O_2(g) + 2H^+(suda) + 2e^-$

Katot: $2H^+(suda) + 2e^- \longrightarrow H_2(g)$

Net Tepkime: $H_2O(s) \rightleftharpoons H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g)$

2V V

Elektrolizde görüldüğü gibi katotta açığa çıkan H_2 gazının hacmi (2V), aynı koşullarda anotta açığa çıkan O_2 gazının hacminin (V) iki katıdır.

Örnek

Hoffman voltametresi ile bir miktar su elektroliz edildiğinde katotta 60 cm^3 H_2 gazı toplanmaktadır. **Buna göre anotta hangi gazdan kaç cm^3 toplanır?**

Çözüm

Hoffman voltametresi ile su elektroliz edildiğinde katotta H_2 gazı, anotta O_2 gazı toplanır. Anot, katot yarı tepkimeleri ve net tepkime,

Katot: $2H^+(suda) + 2e^- \longrightarrow H_2(g)$

Anot: $H_2O(s) \longrightarrow \frac{1}{2}O_2(g) + 2H^+(suda) + 2e^-$

Net Tepkime: $H_2O(s) \rightleftharpoons \underset{2V}{H_2(g)} + \underset{V}{\frac{1}{2}O_2(g)}$

şeklindedir. Net tepkimede toplanan H_2 gazının hacminin O_2 gazı hacminin 2 katı olduğu görülmektedir. H_2 gazının hacmi,

$2V = 60\ cm^3$

$V = 30\ cm^3$

olduğundan anotta 30 cm^3 O_2 gazı toplanır.

16. Alıştırma

Hoffman voltametresi ile su elektroliz edildiğinde anot ve katotta toplam 240 cm^3 gaz toplanmaktadır. **Buna göre anot ve katotta toplanan gazları ve bu gazların hacimlerini bulunuz.**

Cevap

17. Alıştırma

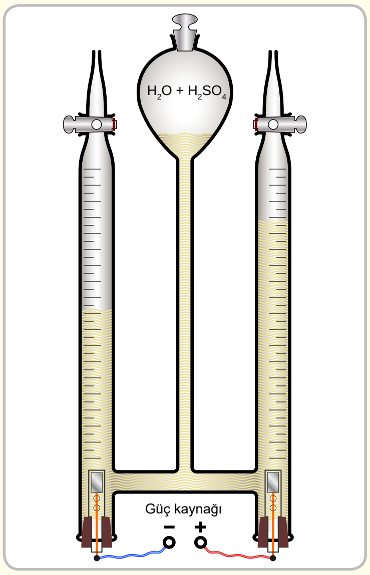
Hoffman voltametresinde bir miktar su elektroliz edildiğinde devreden 0,4 mol elektron geçmektedir. **Buna göre voltametrenin katodunda toplanan gazın normal koşullarda hacmini bulunuz.**

Cevap

DENEY

DENEYİN ADI

Hoffman Voltametresiyle Suyun Elektrolizi



DENEYİN AMACI

Elektroliz yöntemiyle suyu elementlerine ayırmak

ARAÇ VE GEREÇLER

- Hoffman voltametresi
- Güç kaynağı
- İletken tel
- Sülfürik asit
- Damlalık
- Eldiven

DENEYİN YAPILIŞI

1. Hoffman voltametresindeki muslukları açıp cam boruları tamamen saf suyla doldurunuz.
2. Saf suyun içerisine birkaç damla sülfürik asit (H_2SO_4) damlatıp muslukları kapatınız. (Asitler tahriş edici maddeler olduğundan bu adım öğretmen kontrolünde gerçekleştirilmelidir. Herhangi bir çalışmada muhtemel tehlikelere karşı önlem almak hem kendi sağlığımız hem de birlikte iş yaptığınız arkadaşlarınızın sağlığını korumak adına çok önemlidir.)
3. Hoffman voltametresinin elektrotlarını iletken teller vasıtasıyla doğru akım kaynağına bağlayınız.
4. Güç kaynağını 9-12 V'a ayarlayarak sisteme bir süre akım uygulayınız.

DENEYİN DEĞERLENDİRİLMESİ

1. Deney sırasında anot ve katotta hangi tepkimeler gerçekleşmiştir?
1. Deney sırasında anot ve katotta hangi gazlar birikmiştir?
2. Deney sırasında anot ve katotta toplanan gazların hacimlerinin oranı kaçtır?

DENEYİN SONUCU

6. BÖLÜM

KOROZYON

Konular

1.6.1. Korozyon ve Oluşumu
1.6.2. Korozyona Karşı Alınabilecek Önlemler
1.6.3. Kurban Elektrot

Anahtar Kavramlar

- Korozyon
- Katodik koruma

Yüksek maliyetli mekanik aletlerden, çok önemli altyapı sistemlerini oluşturan parçalara varıncaya kadar pek çok madde zamanla yıpranır ve kullanılamaz hâle gelir. Bu durum ülke ekonomisini olumsuz yönde etkiler.

Peki, bu yıpranma sürecini durdurmak ya da yavaşlatmak mümkün müdür? Bu bölümde bu soruların cevaplarını bulacaksınız.



Video Bilgi

Korozyon

1.6.1. Korozyon ve Oluşumu

Çevrenizdeki maddelerin pek çoğunun zamanla yıprandığını görürsünüz. Bu yıpranmanın nedenini hiç düşündünüz mü?

Bir maddenin çeşitli etkiler sonucunda kimyasal olarak aşınmasına **korozyon** (paslanma, çürüme) denir. Her ne kadar seramik, ahşap, plastik vb. maddeler çevre şartlarından dolayı bozulma gösterse de korozyon terimi genellikle metaller için kullanılır.

Metaller özellikle nemli ortamlarda havadaki oksijenle yükseltgenip metal oksitleri oluşturur ve bu olayın sonucunda korozyona uğrar (Görsel 1.11).



Görsel 1.11: Paslanmış metal borular

Örneğin asidik ortamda demir metali ortamdaki O_2 gazıyla tepkimeye girerek $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ bileşiğini oluşturur. Oluşan bu bileşiğe halk arasında pas denir. Bileşiğin formülündeki n sayısal değeri (n = 1, 2, 3...) ortam şartlarına bağlı olarak değişebilir.

Korozyon süresi, ortam şartlarına ve korozyona uğrayan metalin aktifliğine bağlı olarak değişir.

Örneğin demir elementinin nemli havada korozyona uğrama süresi, kuru havada korozyona uğrama süresinden kısadır.

Metalin aktifliği ne kadar fazlaysa korozyona uğrama süresi o kadar kısadır.

Araştırınız

Elektrokimyasal korozyon teorisi nedir?

1.6.2. Korozyona Karşı Alınabilecek Önlemler

Korozyon, maddelerin yıpranmasına ve görüntüsünün bozulmasına sebep olur. Aşırı derecede korozyon oluşması durumunda eşyalar kullanılamaz hâle gelir.

Korozyondan korunmanın temel prensibi, korozyona sebep olan etkenlerin ortadan kaldırılması ya da bu etkenlerle korozyona uğrayacak metalin temasının engellenmesidir.

Korozyondan korunmak için başvurulan yöntemler şunlardır:

- Metalleri boyamak (Görsel 1.12)
- Korozyona dayanıklı malzemeler kullanmak
- Metali başka bir metalle kaplamak (Görsel 1.13)
- Katodik koruma sistemleri kullanmak

Bu yöntemler içerisinde korozyondan korunmanın en etkili yolu katodik korumadır. Katodik korumanın temel prensibi korozyona sebep olan oksijenin metalden uzak tutulmasıdır. Bunu sağlamak için korozyondan korunmak istenen metalden daha aktif başka bir metal sisteme dâhil edilir. Anot görevindeki bu metal, korozyona uğrar ve korunmak istenen metalin korozyona uğramasını engeller.

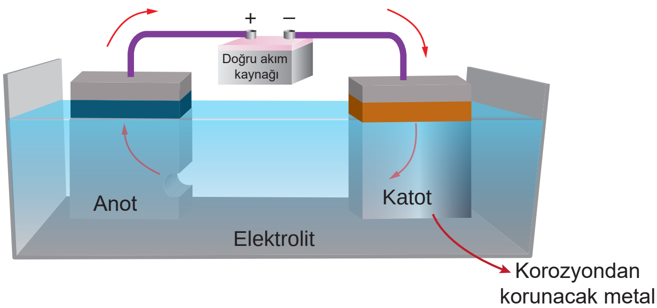


Görsel 1.12: Araçların kaportaları korozyondan boyanarak korunur.



Görsel 1.13: Galvanize edilmiş vidalar

Katodik koruma düzeneği aşağıda verilmiştir (Şekil 1.22). Pozitif yüklü anot elektrot, eksi yüklü oksijenle etkileşerek aşınırken ortamdaki oksijen derişimini azaltır. Negatif yüklü katot elektrot, negatif yüklü oksijenle etkileşmediğinden aşınmaz.



Şekil 1.22: Katodik koruma düzeneği

Örnek

X, Y, Z ve T metallerinin aktiflik sırası Y > T > X > Z şeklindedir. **Buna göre X metalinden yapılmış bir direği korozyondan korumak için katodik koruma yöntemine göre hangi metaller seçilmelidir?**

Çözüm

X metalinden daha aktif olan T ve Y metalleri seçilmelidir.

18. Alıştırma

X, Y, Z ve T metallerinin aktiflik sırası X > Y > Z > T şeklindedir. **Z metalini korozyondan korumak için X, Y ve T metallerinden hangileri kullanılmalıdır?**

Cevap

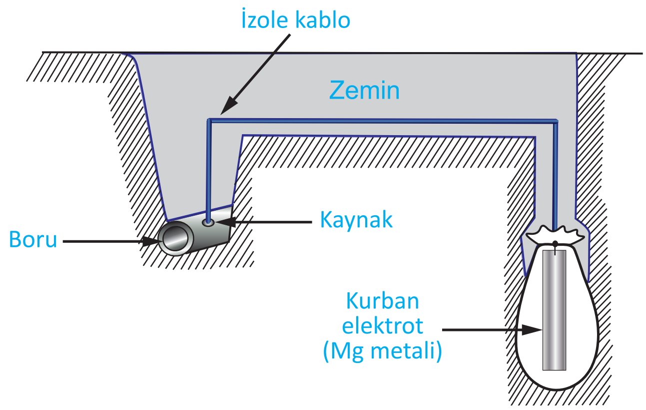
1.6.3. Kurban Elektrot

Bir metali korozyondan korumak için metale, aktifliği bu metalden daha fazla olan bir metal bağlanır. Bağlanan bu metale **kurban elektrot** denir. Katodik korumada kurban elektrot anot işlevi görür. Örneğin bir demir parçası daha aktif olan magnezyum metali ile kaplanırsa magnezyum metali kurban elektrot olur. Metal borular, deniz araçları, sıvı tankları, LPG tankları ve su sistemleri kurban elektrodun kullanım alanlarından bazılarıdır (Görsel 1.14).



Görsel 1.14: LPG tankı

Katodik korumada magnezyum, alüminyum, çinko gibi aktif metaller, korozyondan korunacak cisme doğrudan ya da bir tel yardımıyla bağlanır. Aktif metal yükseltgenirken demir ya da çelik yüzey açığa çıkan elektronları alır ve katot görevi görür. Bu korumada aktif metal anot yani kurban elektrottur. Gemiler, depolama tankları, boru hatları ve su tesisatları gibi suyla ya da nemli toprakla doğrudan temas hâlindeki demir ve çelikten yapılmış cisimleri korumak için genellikle alüminyum ve magnezyum metalleri, kurban elektrot olarak kullanılır (Şekil 1.23).



Şekil 1.23: Kurban elektrot düzeneği

19. Alıştırma

Aşağıdaki soruları cevaplayınız.

a) **Korozyon olayı hangi etkenlere bağlıdır?**

b) **Bütün metaller aynı koşullarda eşit miktarda korozyona uğrar mı?**

c) **Kurban elektrot seçimi yapılırken nelere dikkat edilir?**

Cevaplar

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI

A) Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcüğü/sözcükleri yazınız.

indirgen	peroksit	anot	katot	elektrot	aktif
istemli	istemsiz	indirgenme	tuz köprüsü	elektroliz	yükseltgen
pasif	yükseltgenme	elektrolit	oksit	korozyon	iletken tel

1. Oksijenin yükseltgenme basamağının -1 olduğu bileşiklere ……………………….. denir.
2. Bir taneciğin elektron alarak yükseltgenme basamağını azaltmasına ……………………….. denir.
3. Yükseltgenen maddelere ……………………….. maddeler de denir.
4. Kendiliğinden gerçekleşmeyip elektrik enerjisi ile gerçekleştirilebilen elektrokimyasal tepkimelere ……………………….. denir.
5. Elektrokimyasal pillerde elektrolitlerde yük denkliğini sağlayan ters U şeklindeki parçaya ……………………….. denir.
6. Elektrokimyasal pillerde iletken telin bağlı olduğu metal çubuklara ……………………….. denir.
7. Elektrotların batırıldığı iletken çözeltilere ……………………….. denir.
8. Standart indirgenme potansiyeli negatif metallere ……………………….. metaller denir.
9. Çalışmakta olan bir elektrokimyasal pilde ……………………….. yarı hücresinde elektrolit derişimi zamanla azalır.
10. Metallerin zamanla dış etkilerden dolayı paslanmasına ya da yıpranmasına ……………………….. denir.

B) Aşağıda numaralar ile verilen ifadeleri, harf ile verilen ifadelerle eşleştiriniz.

		Eşleştirme
11. Oksijenin flor ile oluşturduğu bileşikteki yükseltgenme basamağı	**a)** Anot	
12. Hidrojenin metallerle oluşturduğu bileşikteki yükseltgenme basamağı	**b)** Katot	
13. Yükseltgenme olayının gerçekleştiği yarı hücre	**c)** +2	
14. Tuz köprüsünde katyonların taşındığı yarı hücre	**ç)** -1	
15. Elektrolitik hücrede gerçekleşen olay	**d)** Elektroliz	

C) Aşağıdaki açık uçlu soruların cevabını boş bırakılan alana yazınız.

16. Aşağıdaki seçeneklerde koyu yazılmış elementlerin yükseltgenme basamaklarını bulunuz.

a) K**Mn**O_4 b) **Cl** O_4^- c) **Be**H_2

ç) **C**$_2O_4^{2-}$ d) H**S** O_4^-

Cevaplar

17. NH_4NO_3 bileşiğinde N atomlarının yükseltgenme basamakları toplamı kaçtır?

Cevap

18. Aşağıda verilen redoks tepkimelerini denkleştiriniz.

a) $Bi + H_2SO_4 \rightarrow Bi_2(SO_4)_3 + SO_2 + H_2O$

b) $AgCl + Na_2CO_3 \rightarrow NaCl + Ag + CO_2 + O_2$

c) $HNO_3 + H_2S \rightarrow NO + H_2O + S$

ç) $C + H_2SO_4 \rightarrow CO_2 + SO_2 + H_2O$

Cevaplar

19. $KI + H_2SO_4 \longrightarrow K_2SO_4 + I_2 + SO_2 + H_2O$ tepkimesine göre aşağıda verilen soruları yanıtlayınız.

a) **İndirgenen madde hangisidir?**

b) **Yükseltgenen madde hangisidir?**

c) **İndirgen madde hangisidir?**

ç) **Yükseltgen madde hangisidir?**

Cevaplar

20. Aşağıda bazı iyonların standart indirgenme potansiyelleri verilmiştir.

$Zn^{2+}(suda) + 2e^- \longrightarrow Zn(k)$ $E^o_{ind.} = -0{,}763\ V$

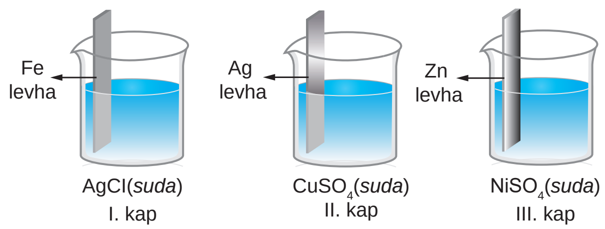
$Cu^{2+}(suda) + 2e^- \longrightarrow Cu(k)$ $E^o_{ind.} = 0{,}337\ V$

$Ag^{+}(suda) + e^- \longrightarrow Ag(k)$ $E^o_{ind.} = 0{,}799\ V$

$Ni^{2+}(suda) + 2e^- \longrightarrow Ni(k)$ $E^o_{ind.} = -0{,}250\ V$

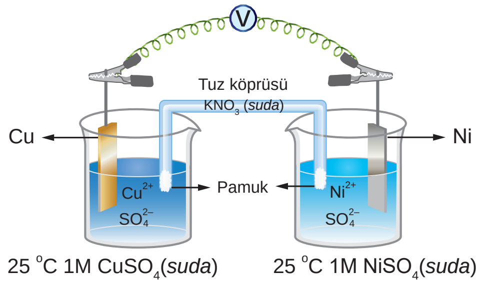
$Fe^{2+}(suda) + 2e^- \longrightarrow Fe(k)$ $E^o_{ind.} = -0{,}440\ V$

Buna göre standart indirgenme potansiyellerinden yararlanarak aşağıdaki kapların hangilerinde bir reaksiyon gözlenir? Açıklayınız.



Cevap

21. Aşağıda şekilde gösterilen elektrokimyasal pilin anot ve katot tepkimelerini yazarak standart pil potansiyelini hesaplayınız.

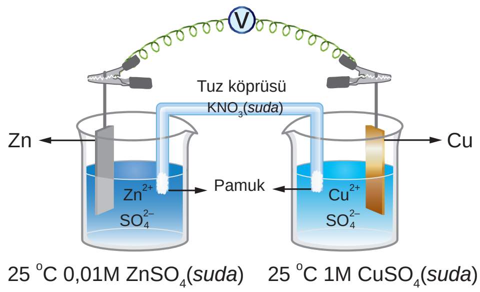


$Cu^{2+}(suda) + 2e^- \longrightarrow Cu(k)$ $\quad E^o_{ind.} = 0,337$ V

$Ni^{2+}(suda) + 2e^- \longrightarrow Ni(k)$ $\quad E^o_{ind.} = -0,250$ V

Cevap

22. Aşağıdaki şekilde gösterilen elektrokimyasal pilin standart pil potansiyelini hesaplayınız.

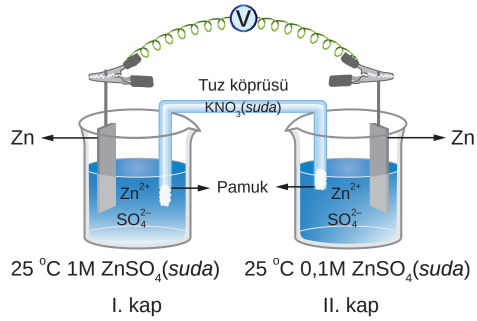


$Zn^{2+}(suda) + 2e^- \longrightarrow Zn(k)$ $\quad E^o_{ind.} = -0,763$ V

$Cu^{2+}(suda) + 2e^- \longrightarrow Cu(k)$ $\quad E^o_{ind.} = 0,337$ V

Cevap

23. Aşağıdaki şekilde gösterilen elektrokimyasal pille ilgili soruları cevaplayınız.



a) **Anot ve katot yarı hücrelerini yazınız?**

b) **Hangi yarı hücrede katyon derişimi artar?**

c) **I. kaba su eklenirse pil gerilimi nasıl değişir?**

ç) **Pil tepkimesi ne zaman sona erer?**

d) **Tuz köprüsündeki anyonlar hangi kaba doğru hareket eder?**

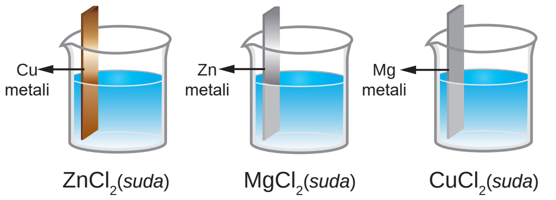
Cevaplar

24. Seri bağlı iki elektroliz hücresinden birincisinde $AlCl_3$, ikincisinde $CuBr_2$ sıvısı vardır. Bu elektroliz devresinde bir süre sonra birinci kabın katodunda 4,5 g Al katısı birikmektedir. **Buna göre ikinci kabın katodunda kaç gram Cu katısı birikir?**

(Al: 27, Cu: 64)

Cevaplar

25. Aktiflikleri Mg > Zn > Cu şeklinde olan metaller şekildeki gibi çözeltilere daldırılmaktadır.



Cu, Zn, Mg metallerinin kütlelerinde zamanla meydana gelecek değişimin grafiğini çiziniz.

Cevap

D) Aşağıdaki çoktan seçmeli soruları okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

26. $HCr_2O_7^-$ **iyonunda Cr elementinin yükseltgenme basamağı hangi seçenekte verilmiştir?**

A) +3 B) +5 C) +6

D) +7 E) +12

27. Elektrokimyasal pillerde,

I. Elektrolitlerin derişimi

II. Elektrotların cinsi

III. Elektrolitlerin miktarı

IV. Tuz köprüsündeki tuz derişimi

V. Sıcaklık

değerlerinden hangileri pil gerilimini etkiler?

A) I, II ve III

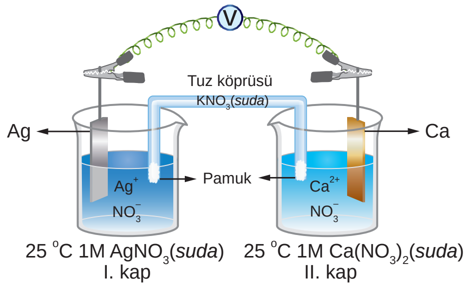
B) I, II ve V

C) I, III ve V

D) II, IV ve V

E) I, III, IV ve V

28. Aşağıdaki şekilde bir elektrokimyasal pil gösterilmiş ve bu pilin yarı tepkimelerinin indirgenme potansiyelleri verilmiştir.



Ag^+(*suda*) + e^- ⟶ Ag(*k*) $E^o_{ind.}$ = 0,799 V

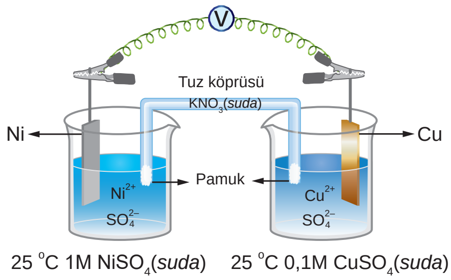
Ca^{2+}(*suda*) + $2e^-$ ⟶ Ca(*k*) $E^o_{ind.}$ = -2,866 V

Yukarıda verilen elektrokimyasal pilin standart pil potansiyelini hesaplayınız?

A) -3,665 V B) -2,067 V C) 1,268 V

D) 2,067 V E) 3,665 V

29. Aşağıdaki şekilde bir elektrokimyasal pil gösterilmiş ve bu pilin yarı tepkimelerinin indirgenme potansiyelleri verilmiştir.



Ni^{2+}(*suda*) + $2e^-$ ⟶ Ni(*k*) $E^o_{ind.}$ = -0,250 V

Cu^{2+}(*suda*) + $2e^-$ ⟶ Cu(*k*) $E^o_{ind.}$ = 0,337 V

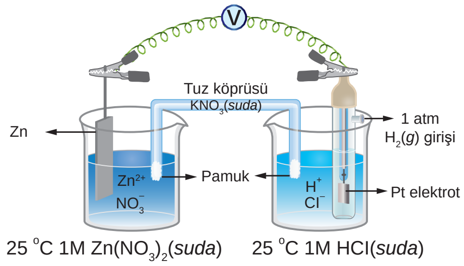
Yukarıda verilen elektrokimyasal pilin potansiyelini hesaplayınız?

A) -0,5574 V B) -0,587 V

C) -0,291 V D) 0,291 V

E) 0,5574 V

30. Aşağıdaki şekilde bir Zn-SHE pili gösterilmiş ve bu pilin yarı tepkimelerinin indirgenme potansiyelleri verilmiştir.



$Zn^{2+}(suda) + 2e^- \rightarrow Zn(k)$ $E^o_{ind.} = -0,763$ V

$2H^+(suda) + 2e^- \rightarrow H_2(g)$ $E^o_{ind.} = 0,00$ V

Bu pille ilgili aşağıdaki bilgilerden hangisi yanlıştır?

A) Zn elektrodu anottur.

B) Katot yarı hücresinde H_2 gazı açığa çıkar.

C) Elektron akışı Pt elektrottan Zn elektroda doğrudur.

D) Pil tepkimesi $Zn(k) + 2H^+(g) \rightleftharpoons Zn^{2+}(suda) + H_2(g)$ şeklindedir.

E) Pil potansiyeli 0,763 V'tur.

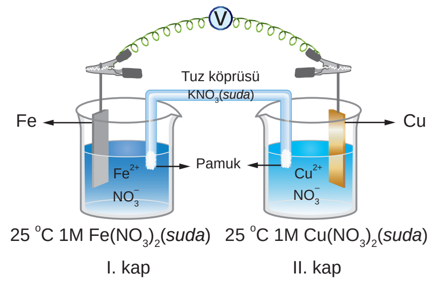
31. Seri bağlı iki elektroliz hücresinden birincisinde XCl_n sıvısı, ikincisinde $CaBr_2$ sıvısı vardır. Bu elektroliz devresinden bir süre akım geçirildikten sonra birinci kabın katodunda 11,2 g X elementi, ikinci kabın katodunda ise 8 g Ca elementi birikmektedir.

Buna göre n değeri kaçtır?

(X: 56, Ca: 40)

A)1 B) 2 C) 3 D) 4 E) 5

32. Aşağıdaki şekilde bir elektrokimyasal pil gösterilmiş ve bu pilin yarı tepkimelerinin indirgenme potansiyelleri verilmiştir.



$Cu^{2+}(suda) + 2e^- \rightarrow Cu(k)$ $E^o_{ind.} = 0,337$ V

$Fe^{2+}(suda) + 2e^- \rightarrow Fe(k)$ $E^o_{ind.} = -0,440$ V

Bu elektrokimyasal pille ilgili,

I. Tuz köprüsündeki anyonlar I. kaba doğru hareket eder.

II. Elektron akışı I. kaptan II. kaba doğrudur.

III. II. kaba su eklenirse pil gerilimi artar.

yargılarından hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) I ve II E) II ve III

33. Elektrokimyasal pillerde kullanılan tuz köprüsüyle ilgili,

I. Pil potansiyelinin sabit kalmasını önler.

II. Yarı hücrelerdeki yük denkliğini sağlar.

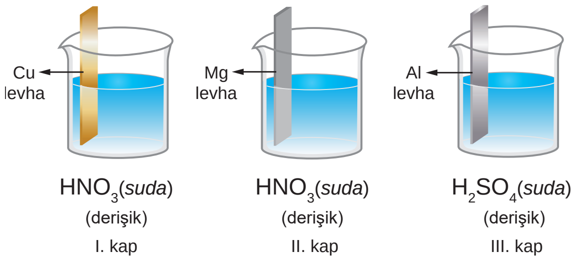
III. Yarı hücreler arasında elektron iletimini sağlar.

yargılarından hangileri doğrudur?

A) Yalnız II B) Yalnız III C) I ve II D) II ve III E) I, II ve III

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI

34. Aşağıdaki şekilde kaplar içerisindeki çözeltilere daldırılmış metaller verilmiştir.



Buna göre kaplarda açığa çıkan gazlar hangi seçenekte doğru verilmiştir?

	I. kap	II. kap	III. kap
A)	H_2	NO_2	H_2
B)	NO_2	H_2	SO_2
C)	NO_2	NO_2	H_2
D)	H_2	NO_2	SO_2
E)	NO_2	H_2	H_2

35. Saf suyun elektrolizinde anotta ve katotta toplam 150 mL gaz toplanmıştır.

Anot ve katotta toplanan gaz miktarları hangi seçenekte doğru verilmiştir?

	Anot	Katot
A)	30 mL	120 mL
B)	50 mL	100 mL
C)	75 mL	75 mL
D)	100 mL	50 mL
E)	120 mL	30 mL

36. Aşağıda verilen tepkimelerden hangisi bir redoks tepkimesi <u>değildir</u>?

A) $Zn(k) + S(k) \longrightarrow ZnS(k)$

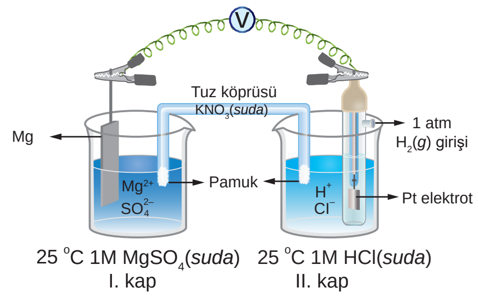
B) $2SO_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2SO_3(g)$

C) $2H_2S(g) + 3O_2(g) \longrightarrow 2H_2O(s) + 2SO_2(g)$

D) $Ca(OH)_2(suda) + 2HCl(suda) \longrightarrow$
$CaCl_2(suda) + 2H_2O(s)$

E) $N_2(g) + 3H_2(g) \longrightarrow 2NH_3(g)$

37. Aşağıdaki şekilde bir Mg-SHE pili gösterilmiş ve bu pilin yarı tepkimelerinin indirgenme potansiyelleri verilmiştir.



$Mg^{2+}(suda) + 2e^- \longrightarrow Mg(k) \quad E^o_{ind.} = -2,372\ V$

$2H^+(suda) + e^- \longrightarrow H_2(g) \quad E^o_{ind.} = 0,000\ V$

Buna göre aşağıdakilerden hangisi doğrudur?

A) Zamanla II. kaptaki pH artar.

B) Elektron akışı II. kaptan I. kaba doğrudur.

C) Mg elektrodun kütlesi zamanla artar.

D) H_2 gazının basıncı artarsa pil gerilimi artar.

E) I. kaba $MgSO_4$ katısı eklenip çözünürse pil potansiyeli artar.

38. Şematik gösterimi

$Cr(k)/Cr^{3+}(1M) // Ag^+(1M)/Ag(k)$

olan elektrokimyasal pille ilgili,

I. Ag elektrot anottur.

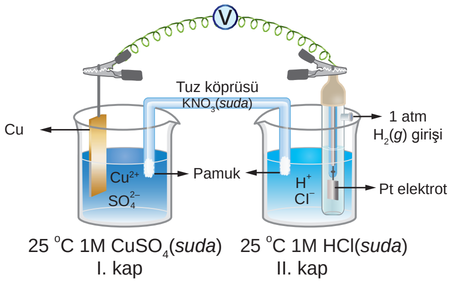
II. Elektron akışı Cr elektrottan Ag elektroda doğrudur.

III. Zamanla ortamdaki Ag^+ iyonlarının derişimi artar.

yargılarından hangileri doğrudur?

A) Yalnız I
B) Yalnız II
C) Yalnız III
D) I ve II
E) II ve III

39. Aşağıdaki şekilde Cu-SHE elektrokimyasal pili verilmiştir. Dış devrede elektronlar I. kaba doğru akmaktadır.



Buna göre,

I. H_2 gaz basıncını artırma

II. II. kaba su ekleme

III. I. kaba 0,5 M $Cu(NO_3)_2$ çözeltisi ekleme

işlemlerinden hangileri yapılırsa pil potansiyeli artar?

A) Yalnız I
B) Yalnız II
C) Yalnız III
D) I ve II
E) I, II ve III

40. Aşağıda verilen yöntemlerden hangisi metalleri korozyondan koruma yollarından biri değildir?

A) Metali galvanize etmek

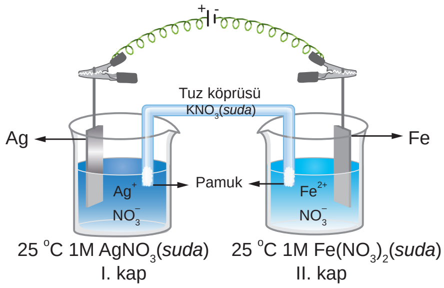
B) Metalleri korozyona dayanıklı başka metallerle kaplamak

C) Metali boyamak

D) Kurban elektrot kullanmak

E) Metallerin suyla temasını sağlamak

41. Aşağıdaki şekilde bir elektrokimyasal pil gösterilmiş ve bu pilin yarı tepkimelerinin indirgenme potansiyelleri verilmiştir.



$Fe^{2+}(suda) + 2e^- \longrightarrow Fe(k) \quad E^o_{ind.} = -0,440\ V$

$Ag^{+}(suda) + e^- \longrightarrow Ag(k) \quad E^o_{ind.} = 0,799\ V$

Şekildeki sisteme 2V'luk elektrik akımı uygulanırsa aşağıdakilerden hangisi gözlenir?

A) I. kapta Ag katısı elektrot üzerinde toplanır.

B) Pil gerilimi 3,239 V olur.

C) Fe elektrodun kütlesi zamanla azalır.

D) I. kaptaki Ag^+ iyonlarının derişimi zamanla artar.

E) Tuz köprüsünde anyonlar II. kaba doğru hareket eder.

42. $Zn^{2+}(suda) + 2e^- \longrightarrow Zn(k) \quad E^o_{ind.} = -0,763\ V$

$Fe^{2+}(suda) + 2e^- \longrightarrow Fe(k) \quad E^o_{ind.} = -0,440\ V$

Zn ve Fe elementlerinden oluşturulan elektrokimyasal pile dışarıdan kaç voltluk gerilim uygulanırsa elektrolitik hücre oluşur?

A) 0,203 V
B) 0,250 V
C) 0,303 V
D) 0,323 V
E) 0,353 V

43. Lityum pilleri ile ilgili aşağıdaki bilgilerden hangisi yanlıştır?

A) Şarj edilerek defalarca kullanılabilir.

B) Çevreye verdikleri zarar diğer pillere göre daha azdır.

C) Elektrolit olarak katı madde kullanılır.

D) Lityum metali katot olarak görev yapar.

E) Enerji üretimleri fazla, kütleleri ise azdır.

44. Aşağıdaki bileşiklerin hangisinde hidrojenin yükseltgenme basamağı diğerlerinden farklıdır?

A) NH_3 B) H_2SO_4 C) CH_4

D) BeH_2 E) H_2O

45. Bir derişim pili için aşağıdaki bilgilerden hangisi yanlıştır?

A) Yarı hücrelerde kullanılan elektrot ve elektrolitler aynı, elektrolit derişimleri farklıdır.

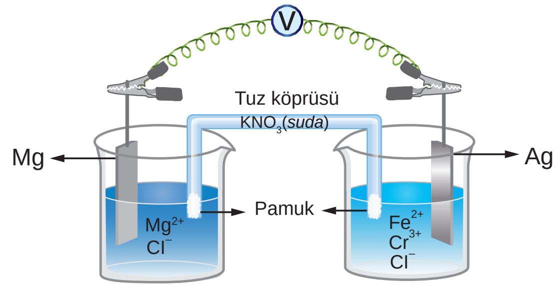
B) Derişimi az olan yarı hücrede yükseltgenme gerçekleşir.

C) Derişimi fazla olan yarı hücredeki çözelti derişimi zamanla artar.

D) Elektron akışı, derişimi az olan çözeltiden fazla olan çözeltiye doğrudur.

E) Anot ve katot yarı hücrelerinin derişimi eşit ise pil potansiyeli sıfırdır.

46. Aşağıda bir elektrokimyasal pil düzeneği verilmiştir.



25 °C 1M $MgCl_2$(*suda*) 25 °C 1M $FeCl_2$(*suda*)
25 °C 1M $CrCl_3$(*suda*)

$Mg^{2+} + 2e^- \longrightarrow Mg(k)$ $E^o = -2,372$ V

$Ag^+ + e^- \longrightarrow Ag(k)$ $E^o = 0,799$ V

$Fe^{2+} + 2e^- \longrightarrow Fe(k)$ $E^o = -0,440$ V

$Cr^{3+} + e^- \longrightarrow Cr^{2+}$ $E^o = -0,408$ V

Yukarıdaki elektrokimyasal pille ilgili,

I. Pil potansiyeli 1,932 V olur.

II. Zamanla Mg elektrodun kütlesi azalır.

III. Katot yarı hücresinde Cr^{2+} derişimi artar.

IV. Ag elektrot Fe metali ile kaplanır.

yargılarından hangileri doğrudur?

A) I ve II B) I ve III C) I ve IV

D) II ve III E) II, III ve IV

47. Elektrokimyasal bir pilde katyon derişiminin azaldığı yarı hücreyle ilgili,

I. Anot yarı hücresidir.

II. İndirgenmenin gerçekleştiği yarı hücredir.

III. Elektrodun aşındığı yarı hücredir.

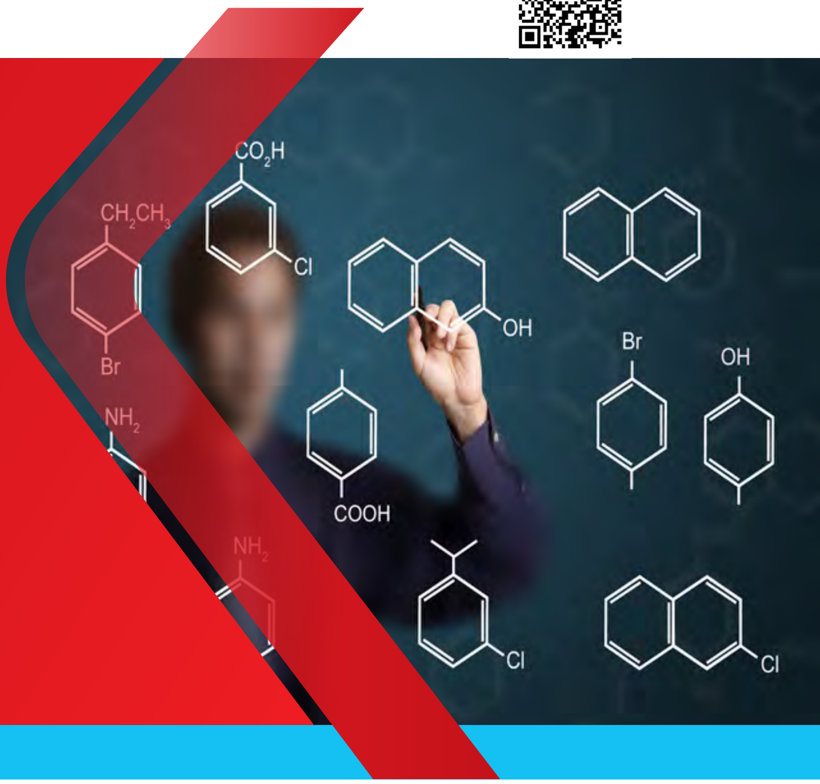
yargılarından hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II

D) II ve III E) I, II ve III

2. ÜNİTE

KARBON KİMYASINA GİRİŞ



1. BÖLÜM
ANORGANİK VE ORGANİK BİLEŞİKLER

2. BÖLÜM
BASİT FORMÜL VE MOLEKÜL FORMÜLÜ

3. BÖLÜM
DOĞADA KARBON

4. BÖLÜM
LEWİS FORMÜLLERİ

5. BÖLÜM
HİBRİTLEŞME-MOLEKÜL GEOMETRİLERİ

Üniteye Başlarken

- Organik maddeler sadece canlılar tarafından mı üretilir?
- Halk arasında "kara elmas" olarak adlandırılan kömür, elmasla aynı elementten oluşur. Peki, elması kömürden daha değerli kılan nedir?
- Kirlenmeyen halı, ütü istemeyen gömlek reklamları son dönemlerde sıkça yapılmaktadır. Bu ürünlerin üretimiyle nanoteknoloji arasında bir ilişki var mıdır?
- Moleküllerdeki atom ya da atom gruplarının uzaydaki yönelimlerinin farklı olması onların fiziksel ve kimyasal özelliklerini etkiler mi?

Bu ünitede organik kimyanın temelini oluşturan karbon elementini ve bu elementin oluşturduğu bileşiklerden bazılarını öğreneceksiniz.

1. BÖLÜM

ANORGANİK VE ORGANİK BİLEŞİKLER

Konular

Anahtar Kavramlar

- Organik bileşik
- Anorganik bileşik

Organik denildiğinde aklınıza neler gelmektedir? Organik bileşikler yapay olarak da elde edilebilir mi? Yapay organik bileşikler günlük hayatın hemen her alanında kullanılmaktadır. Cam, ahşap, metal, seramik, pamuk, yün, ipek gibi maddeler dışında birçok maddenin yapısında yapay organik bileşikler vardır. Sayılan bu maddeler işlenirken de yapay organik bileşikler kullanılabilmektedir. Kıyafetler, ayakkabılar, boyalar, ilaçlar, plastikler, yapay kauçuklar, PVC, teflon, kırtasiye malzemeleri, kozmetik ürünler vb. birçok madde yapay organik bileşiklerden oluşmuştur.

Bu bölümde organik bileşiklerin tarihî gelişim sürecini, organik ve anorganik bileşiklerin özelliklerini öğreneceksiniz.



2.1.1. Organik Bileşiklerin Tarihsel Gelişimi

Organik kelimesi ilk olarak 19. yüzyılın başlarında bilim insanı Jöns Jacob Berzelius (Yöns Yakop Berzelyus) tarafından kullanılmıştır (Görsel 2.1).



Görsel 2.1: Jöns Jacob Berzelius

Berzelius'a göre organik maddeler ancak canlı organizmalar tarafından üretilebilir. Berzelius bu durumu yaşam gücü (vitalizm) olarak ifade etmiştir.

Berzelius'un yaşam gücü olmadan organik madde üretilemeyeceği görüşü, 1828 yılında Friedrich Wöhler'in (Fredrih Vöhler) anorganik bir madde olan potasyum siyanürden (KCN) organik bir madde olan üreyi elde etmesiyle geçerliliğini yitirmiştir.

Friedrich Wöhler, önce potasyum siyanür ve kurşun(IV) oksitten potasyum siyanatı, sonra potasyum siyanat ile amonyum sülfatı tepkimeye sokarak amonyum siyanatı elde etmiştir.

KCN	+	PbO_2	$\longrightarrow$	$KOCN$	+	PbO
Potasyum siyanür		Kurşun(IV) oksit		Potasyum siyanat		Kurşun(II) oksit

$2KOCN$	+	$(NH_4)_2SO_4$	$\longrightarrow$	K_2SO_4	+	$2NH_4OCN$
Potasyum siyanat		Amonyum sülfat		Potasyum sülfat		Amonyum siyanat

Wöhler, elde ettiği amonyum siyanatı ısıtarak beyaz renkli, kristal yapılı organik bir madde olan üreyi elde etmiştir (Görsel 2.2).

$$\underset{\text{Amonyum siyanat}}{NH_4OCN} \xrightarrow{\text{ısı}} \underset{\text{Üre}}{NH_2-\overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}}-NH_2}$$



Görsel 2.2: Üre

Wöhler sentezi olarak adlandırılan bu sentez, organik maddelerin laboratuvar ortamında üretilmesi için başlangıç noktası olmuş, bu keşiften sonra organik maddelerin tanımı da değişmiştir.

2.1.2. Anorganik ve Organik Bileşiklerin Özellikleri

Günlük hayatta her an karşılaşılan bileşiklerin bir kısmı organik, bir kısmı anorganik bileşiktir. Peki, bu bileşiklerin hangileri organik, hangileri anorganiktir?

Erime ve kaynama noktaları düşük, karbon atomu içeren, ana kaynağı genellikle canlılar olan bileşiklere **organik bileşik** denir.

Organik bileşiklerin yapısında C ve H atomlarının yanı sıra S, O, N, F, Cl, Br ve I gibi atomlar da bulunabilir.

Ancak yapısında C atomu olmasına rağmen organik olmayan bileşikler de vardır. Örneğin CO, CO_2, CS_2 bileşikleri ve CN^-, CO_3^{2-} iyonlarını taşıyan HCN, H_2CO_3 gibi bileşikler, C atomu içermelerine rağmen organik bileşik değildir.

Video Bilgi

Organik Bileşikler

Organik olmayan bileşiklere **anorganik bileşik** denir. Erime ve kaynama noktaları organik bileşiklerden daha yüksek olan asit, baz, tuz ve oksit sınıfı bileşikler anorganik bileşiklerdir.

Organik bileşikler: CH_4, CH_3-OH, $C_6H_{12}O_6$, C_2H_5-NH_2, CCl_4, CH_2O, CH_3COOH vb.

Anorganik bileşikler: HCl, NaCl, HCN, $CaCO_3$, CO_2, H_2CO_3, $KMnO_4$, $Al(OH)_3$ vb.

Kimyanın organik bileşikleri inceleyen alt disiplinine **organik kimya (karbon kimyası)**, anorganik bileşikleri inceleyen alt disiplinine ise **anorganik (inorganik) kimya** denir.

Organik ve anorganik bileşiklerin bazı genel özellikleri aşağıda verilmiştir (Tablo 2.1).

Tablo 2.1: Organik ve Anorganik Bileşiklerin Bazı Genel Özellikleri

Organik Bileşikler	Anorganik Bileşikler
Ana kaynağı canlılar ve canlı kalıntılarıdır (petrol, doğal gaz, kömür vb.).	Ana kaynağı doğadaki minerallerdir (tuzlar, oksitler, asitler, bazlar vb.).
Erime ve kaynama noktaları genellikle düşüktür.	Erime ve kaynama noktaları genellikle yüksektir.
Tepkimeleri çok yavaştır.	Tepkimeleri genellikle hızlıdır.
Genellikle kendilerine özgü kokuları vardır.	Genellikle kendilerine özgü kokuları yoktur.
Yanıcıdır.	Genellikle yanıcı değildir.
Doğadaki sayıları çok fazladır.	Doğadaki sayıları organik bileşiklere göre daha azdır.
Genellikle kovalent bileşiklerdir.	Genellikle iyonik bileşiklerdir.

1. Alıştırma

Aşağıdaki bileşiklerin türlerini ilgili alana “X” ile işaretleyiniz.

Madde	Organik Bileşik	Anorganik Bileşik
C_2H_5-OH		
$Ca(OH)_2$		
CO		
CH_3-O-CH_3		
CH_3NH_2		
HCOOH		
Na_2CO_3		

2. BÖLÜM

BASİT FORMÜL VE MOLEKÜL FORMÜLÜ

Konular

Anahtar Kavramlar

- Basit formül
- Molekül formülü
- Yapı formülü

Organik bileşiklerin formüllerinde çok sayıda atom bulunabilir. Bu nedenle anorganik bileşiklerden farklı olarak organik bileşiklerin birden fazla formülü olabilmektedir. Aynı sınıftaki organik bileşiklerin kimyasal özellikleri genellikle birbirine benzemektedir.

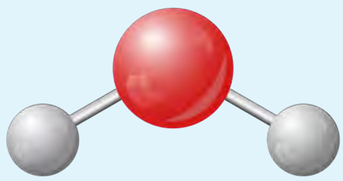
Bu bölümde organik bileşiklerin basit ve molekül formüllerini, bu formüllerle hesaplamalar yapmayı öğreneceksiniz.

Video Bilgi

Basit Formül ve Molekül Formülü

Bilgi Kutusu

Molekülü oluşturan atomların küre şeklindeki toplarla, bağların çubuklarla gösterildiği yapıya **top çubuk modeli** denir.



2.2.1. Organik Bileşiklerin Basit ve Molekül Formülleri

Organik bileşiklerin yapısında bulunan atomların türlerini, sayılarını, birbirlerine oranlarını ve üç boyutlu yapılarını ifade eden formülleri vardır. Bu formüller organik bileşiklerin sınıflandırılmasında da kullanılır.

Organik bileşiklerdeki elementlerin türünü, atom sayılarının birbirine oranlarını gösteren formüle **basit formül (kaba formül)** denir. Bu formülde elementlerin mol sayıları en küçük tam sayılarla yazılır. Bir bileşiğin basit formülünden,

- Bileşiği oluşturan atomların türü,
- Atom sayılarının oranları,
- Elementlerin atom kütleleri biliniyorsa bileşiği oluşturan elementlerin kütleleri oranı ve kütlece yüzde bileşimleri bulunabilir.

Organik bileşiği oluşturan elementlerin gerçek atom sayılarının verildiği formüle o bileşiğin **molekül formülü (gerçek formül)** denir. Bir bileşiğin molekül formülü ile,

- Bileşiği oluşturan atomların türü,
- Atom sayıları ve atom sayılarının oranları,
- Elementlerin atom kütleleri biliniyorsa bileşiğin molekül ağırlığı, atomların kütlece yüzde bileşimleri ve elementlerin kütleleri oranı bulunabilir.

Molekül formülü, basit formülün kütle ya da atom sayısı cinsinden genişletilmiş hâli şeklinde düşünülebilir.

n · (Basit formül) = Molekül formülü

n · (Basit formülü verilen bileşiğin molekül kütlesi) = Molekül kütlesi

Örneğin molekül formülü $C_6H_{12}O_6$ olan şekerin basit formülünü bulmak için C, H ve O elementlerinin atom sayıları en küçük tam sayılar şeklinde yazılır ve CH_2O basit formülü elde edilir.

$6 \cdot (CH_2O) = C_6H_{12}O_6$

Bir moleküldeki atomların gerçek sayılarının ve bağlanma şekillerinin gösterildiği formüle **yapı formülü (açık formül)** denir. Örneğin CH_4 molekülünün yapı formülü

```
    H
    |
H — C — H
    |
    H
```

şeklindedir.

Örnek

C, H ve O elementlerinden oluşan ve basit formülü CH_2O olan organik bir bileşiğin mol kütlesi 90 g/moldür. **Buna göre bu organik bileşiğin molekül formülünü bulunuz.**

(C: 12, O: 16, H: 1)

Çözüm

Organik bileşiğin mol kütlesi, basit formülü oluşturan elementlerin atom kütleleri toplamının n kat genişletilmesi ile

$n \cdot (CH_2O) = 90$

$n \cdot [(C) + 2 \cdot (H) + (O)] = 90$

$n \cdot [(12) + 2 \cdot (1) + (16)] = 90$

$n \cdot (12 + 2 + 16) = 90$

$n \cdot (30) = 90$

n = 3 bulunur.

Bu bileşiğin molekül formülü

n · (Basit formül) = Molekül formülü

$3 \cdot (CH_2O)$ = Molekül formülü

Molekül formülü = $C_3H_6O_3$ bulunur.

Bazı bileşiklerin molekül ve basit formülleri aşağıda gösterilmiştir (Tablo 2.2).

Tablo 2.2: Bazı Bileşiklerin Molekül ve Basit Formülleri

Molekül Formülü	Basit Formül
C_4H_8	CH_2
$C_5H_{10}O_2$	$C_5H_{10}O_2$
C_6H_{10}	C_3H_5
$C_2H_2O_4$	CHO_2
C_2H_4	CH_2

Basit formülüyle molekül formülü aynı olan bileşikler olabildiği gibi basit formülleri aynı olmasına rağmen molekül formülleri farklı olan bileşikler de vardır (Tablo 2.2).

2. Alıştırma

Aşağıda molekül formülü verilen bileşiklerin basit formüllerini karşılarına yazınız.

Molekül Formülü	Basit Formül
C_3H_6	
C_4H_{10}	
$C_4H_8O_2$	
$C_6H_{10}O_2$	
$C_6H_{12}O_6$	
CH_3COOH	
$C_6H_6O_2$	

Bir organik bileşikte bileşiği oluşturan elementlerin cinsi nitel analiz, bu elementlerin miktarları nicel analiz yöntemleriyle belirlenir.

C, H, N ve O elementlerinden oluşan bir bileşikte C, H ve N elementlerinin varlığı nitel analiz yöntemiyle belirlenir. Organik bileşikler bir deney tüpü içerisinde yakıldığında tüpün iç yüzeyinde oluşacak su damlacıkları o bileşikte H elementinin varlığını kanıtlar. Oluşan gazın kireç suyundan geçirilmesi sonucu kireç suyunun bulanması ise bileşikte C elementinin varlığının kanıtıdır.

Ancak O elementinin varlığı nicel analiz yöntemleriyle belirlenir. Örneğin 100 g bileşiğin analizi sonucunda C, H ve N elementlerinin kütleleri bulunur. Bulunan değerler bileşikteki her bir elementin kütlece yüzdesidir. Elementlerin kütlece yüzdeleri toplanır ve 100'den çıkarılarak O elementinin kütlece yüzdesi bulunur. Bulunan kütlece yüzdeler elementlerin atom kütlelerine bölünerek mol sayıları hesaplanır. Mol sayıları en küçük tam sayılar şeklinde element sembollerinin altına getirilerek bileşiğin basit formülü yazılır.

Bir bileşikteki elementlerin kütlece yüzdeleri

$$\text{Elementin kütlece yüzdesi} = \frac{\text{Bileşikteki elementin kütlesi}}{\text{Bileşiğin toplam kütlesi}} \cdot 100$$

bağıntısıyla hesaplanır.

Örnek

CH_4 bileşiğindeki her bir elementin kütlece yüzdesini bulunuz.

(C: 12, H: 1)

Çözüm

1 mol CH_4 bileşiği 16 g'dır. Bu bileşikte 4 g H ve 12 g C elementi vardır.

I. Yol

$$\text{Elementin kütlece yüzdesi} = \frac{\text{Bileşikteki elementin kütlesi}}{\text{Bileşiğin toplam kütlesi}} \cdot 100$$

$$\%H = \frac{4}{16} \cdot 100 = \%25$$

$$\%C = \frac{12}{16} \cdot 100 = \%75$$

II. Yol

Bir bileşikteki elementlerin kütlece yüzde miktarları bulunurken bileşik 100 g olarak kabul edilir ve işlemler bu değere göre yapılır.

16 g CH_4 bileşiğinde 4 g H varsa
100 g CH_4 bileşiğinde x

$$x = \frac{4 \cdot 100}{16}$$

x = 25 g H bulunur.

16 g CH_4 bileşiğinde 12 g C varsa
100 g CH_4 bileşiğinde x

$$x = \frac{12 \cdot 100}{16}$$

x = 75 g C bulunur.

CH_4 bileşiğinin kütlece %25'i H, %75'i C elementinden oluşmaktadır.

Örnek

C, H ve O elementlerinden oluşan organik bir bileşiğin analizi sonucunda bileşikte kütlece %52,17 C ve %13,04 H elementlerinin bulunduğu anlaşılmıştır. **Bu organik bileşiğin basit formülünü bulunuz.**

(C: 12, H: 1, O: 16)

Çözüm

Kütlece yüzde miktarları bilinen elementlerin yardımıyla O elementinin kütlece yüzde miktarı

$$m_C + m_H + m_O = 100 \text{ g}$$

$$52{,}17 \text{ g} + 13{,}04 \text{ g} + m_O = 100 \text{ g}$$

$$65{,}21 \text{ g} + m_O = 100 \text{ g}$$

$m_O = 34{,}79$ g bulunur.

Bileşiği oluşturan her bir elementin kütlece yüzde miktarı o elementin kütlesi kabul edilir. Elementlerin kütleleri atom kütlelerine bölünerek mol sayıları bulunur.

$$n_C = \frac{52{,}17}{12} \cong 4{,}35 \text{ mol}$$

$$n_H = \frac{13{,}04}{1} = 13{,}04 \text{ mol}$$

$$n_O = \frac{34{,}79}{16} \cong 2{,}17 \text{ mol}$$

Bileşikteki elementlerin mol sayılarını en küçük tam sayıya çevirmek için, en küçük mol sayısı olan 2,17'ye bölünür ve tam sayı hâline getirilir.

$$n_C = \frac{4{,}35}{2{,}17} \cong 2 \text{ mol}$$

$$n_H = \frac{13{,}04}{2{,}17} \cong 6 \text{ mol}$$

$$n_O = \frac{2{,}17}{2{,}17} = 1 \text{ mol değeri bulunur.}$$

Bu değerler yardımıyla bileşiğin basit formülü C_2H_6O şeklinde bulunur.

Örnek

C, H ve O elementlerinden oluşan bir organik bileşiğin 6 g'ı analiz edildiğinde 2,4 g C ve 0,4 g H elementlerini içerdiği tespit ediliyor. **Bu bileşiğin mol kütlesi 180 g/mol olduğuna göre bileşiğin molekül formülünü bulunuz.**

(C: 12, H: 1, O: 16)

Çözüm

C ve H elementlerinin kütleleri toplanarak bileşiğin kütlesinden çıkarıldığında bileşikteki oksijen elementinin kütlesi bulunur.

2,4 g + 0,4 g = 2,8 g C ve H elementleri bulunmaktadır.

Buna göre bileşikteki oksijen elementinin miktarı

6 - 2,8 = 3,2 g'dır.

Bileşiği oluşturan her bir elementin mol sayısı, elementlerin kütlelerinin atom kütlelerine bölünmesiyle bulunur.

$$n_C = \frac{2,4}{12} = 0,2 \text{ mol}$$

$$n_H = \frac{0,4}{1} = 0,4 \text{ mol}$$

$$n_O = \frac{3,2}{16} = 0,2 \text{ mol şeklindedir.}$$

Elementlerin mol sayıları en küçük tam sayılara çevrildiğinde bileşiğin basit formülü CH_2O şeklinde bulunur.

Bileşiğin mol kütlesi 180 g/mol olduğundan

$n \cdot (CH_2O) = 180$

$n \cdot [(12) + 2 \cdot (1) + (16)] = 180$

$n \cdot (30) = 180$

n = 6 bulunur.

Buna göre bileşiğin molekül formülü

n · (Basit formül) = Molekül formülü

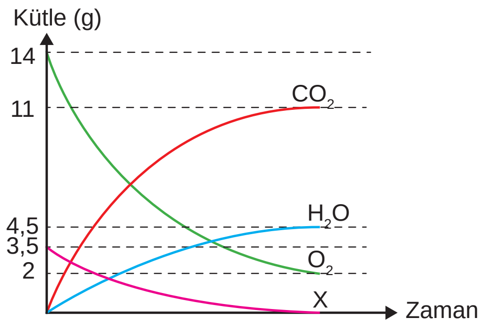
bağıntısı yardımıyla 6 ile genişletilerek

$6 \cdot (CH_2O)$

$C_6H_{12}O_6$ şeklinde bulunur.

Örnek

Organik bir bileşiğin 0,05 molü yeterince O_2 gazı ile tepkimeye girerek CO_2 ve H_2O bileşiklerini oluşturmaktadır. Bu tepkimenin kütle-zaman grafiği aşağıda verilmiştir.



Grafikte X ile gösterilen bu organik bileşiğin molekül formülünü bulunuz.

Çözüm

Tepkimede oluşan ürünler CO_2 ve H_2O olduğundan X bileşiğinin yapısında C ve H elementleri bulunmaktadır. Ancak O elementinin bileşikte bulunup bulunmadığını anlamak için tepkime denkleştirilmelidir. Grafikteki değerlere göre harcanan ve oluşan madde miktarları aşağıdaki gibidir.

X	+	O_2	⟶	CO_2	+	H_2O
3,5 g		12 g		11 g		4,5 g

Bileşiğin molekül formülünü bulmak için bileşiğin 1 molü esas alınır. Bileşik 0,05 mol verildiğinden 20 ile genişletildiğinde

X	+	O_2	⟶	CO_2	+	H_2O
70 g		240 g		220 g		90 g

bulunur. Bu değerler yardımıyla maddelerin mol sayıları

$$n_{O_2} = \frac{240}{32} = \frac{15}{2} \text{ mol}$$

$$n_{CO_2} = \frac{220}{44} = 5 \text{ mol}$$

$$n_{H_2O} = \frac{90}{18} = 5 \text{ mol}$$ bulunur.

Mol sayıları maddelerin katsayısı olarak yazıldığında tepkime denklemi elde edilir. Tepkime denklemi yardımıyla

$$X + \frac{15}{2} O_2 \longrightarrow 5CO_2 + 5H_2O$$

X ile gösterilen bileşiğin 1 molünde 5 mol C ve 10 mol H atomu bulunduğundan bileşiğin formülü C_5H_{10}dur.

Örnek

Genel formülü $C_nH_{2n+2}O_2$ olan bir organik bileşiğin 6,2 g'ı yeterli miktarda oksijen gazıyla yakıldığında 8,8 g CO_2 gazı oluşmaktadır. **Buna göre bileşikteki n değeri kaçtır?**

(C: 12, H: 1, O: 16)

Çözüm

$C_nH_{2n+2}O_2$ bileşiğinin molekül kütlesi bulunur ve yanma tepkimesi yazılarak denkleştirilir.

$$C_nH_{2n+2}O_2 = 12n + (2n + 2) + 32 = (14n + 34) \text{ g}$$

$$C_nH_{2n+2}O_2 + \frac{(3n+1)}{2} O_2 \longrightarrow nCO_2 + (n+1)H_2O$$

(14n + 34) g $C_nH_{2n+2}O_2$ tepkimeye girdiğinde 44n g CO_2 oluşursa
6,2 g $C_nH_{2n+2}O_2$ tepkimeye girdiğinde 8,8 g CO_2 oluşur.

$$44n \cdot 6,2 = (14n + 34) \cdot 8,8$$

$$272,8n = 123,2n + 299,2$$

$$149,6n = 299,2$$

n = 2 bulunur.

Örnek

Bir organik bileşiğin 3,8 g'ı yakılınca 6,6 g CO_2 ve 3,6 g H_2O gazları oluşmaktadır. **Bu organik bileşiğin basit formülünü bulunuz.**

(C: 12, H: 1, O: 16)

Çözüm

Oksijenle tepkimeye girdiğinde CO_2 ve H_2O açığa çıkaran bir bileşiğin yapısında kesinlikle C ve H elementleri bulunur. Bileşiğin yapısında O elementinin varlığını anlamak için bileşikteki C ve H elementlerinin kütleleri hesaplanırsa

44 g CO_2 gazında 12 g C varsa
6,6 g CO_2 gazında x

$x = \frac{6,6 \cdot 12}{44}$ ise x = 1,8 g C bulunur.

18 g H_2O gazında 2 g H varsa
3,6 g H_2O gazında x

$x = \frac{3,6 \cdot 2}{18}$ ise x = 0,4 g H bulunur.

Bileşiğin yapısında 1,8 g C ve 0,4 g H elementleri bulunur. Bileşik 3,8 g olduğundan yapısında

3,8 - (1,8 + 0,4) = 1,6 g O elementi bulunmaktadır.

C, H ve O elementlerinin mol sayıları

$$n_C = \frac{1,8}{12} = 0,15 \text{ mol}$$

$$n_H = \frac{0,4}{1} = 0,4 \text{ mol}$$

$$n_O = \frac{1,6}{16} = 0,1 \text{ mol}$$ olarak bulunur.

Bulunan bu değerler en küçük tam sayılara çevrildiğinde bileşiğin basit formülü $C_3H_8O_2$ olarak bulunur.

3. Alıştırma

Bir organik bileşiğin 24,8 g'ı yeterli miktarda O_2 gazı ile yakıldığında normal koşularda 17,92 L CO_2 ve 21,6 g H_2O gazları oluşmaktadır. **Bu organik bileşiğin basit formülünü bulunuz.**

(C: 12, H: 1, O: 16)

Cevap

4. Alıştırma

C, H ve O elementlerinden oluşan organik bileşiğin 20,4 g'ı yeterli miktarda O_2 gazı ile tamamen yakılmakta ve yanma sonucu 44 g CO_2 ve 1 mol H_2O gazları oluşmaktadır. **Buna göre organik bileşiğin basit formülünü bulunuz.**

(C: 12, H: 1, O: 16)

Cevap

3. BÖLÜM

DOĞADA KARBON

Konular

Anahtar Kavramlar

- Elmas
- Grafit

Bir asker hayal edin: Üzerine giydiği akıllı üniforma; düşman askeri lazer silahıyla onu nişan aldığında haber verecek, enerjiye ihtiyacı olduğunda güneş pili gibi çalışacak, zehirli biyolojik silahları ve kimyasal gazları tespit edecek, gece karanlığında kendi askeri tarafından tanınabilecek ama aynı zamanda çok hafif ve düşük maliyetli olacak. Eskiden yalnızca bilim kurgu filmlerinde tanık olunan bu akıllı elbiselerin karbon elementinden üretilen karbon nanotüpler sayesinde yakın bir gelecekte kullanılmaya başlanacağı öngörülmektedir.

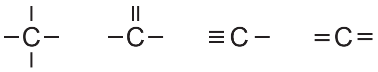
Bu bölümde karbon elementini ve özelliklerini; karbonun allotropları olan elmas, grafit, fulleren ve grafeni; karbon nanotüplerin özelliklerini ve karbonun bu kadar fazla sayıda bağ yapabilmesinin nedenlerini öğreneceksiniz.



2.3.1. Karbon Elementinin Özellikleri

Atom numarası 6 olan ve periyodik tablonun 4A grubunda bulunan karbon elementinin 4 tane değerlik elektronu vardır. Karbon elementi değerlik elektronlarını aynı ya da farklı atomlarla ortaklaşa kullanarak 4 tane kovalent bağ yapar. Bu bağlar tekli olabileceği gibi ikili ya da üçlü olabilir.

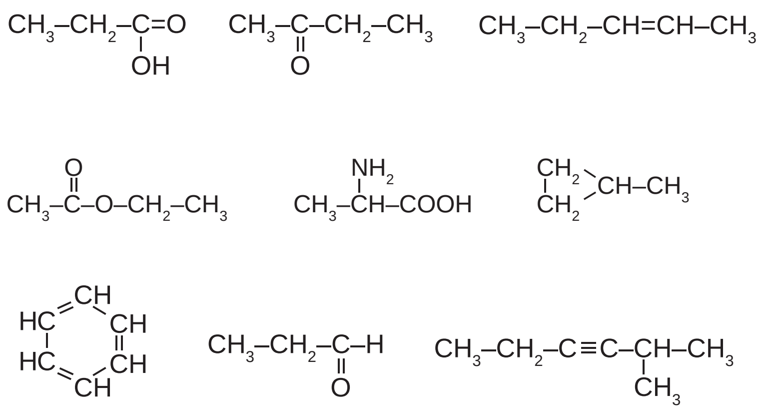
Karbonun oluşturabileceği bağ şekilleri aşağıda gösterilmiştir.



Karbon atomları arasında bağlar oluşurken açığa çıkan enerji fazla olduğundan oluşan bu bağlar diğer atomların kendi aralarında yaptıkları bağlara göre daha kararlıdır.

Karbon elementi diğer atom veya atom gruplarıyla çok sayıda bağ yapabilir. Karbon atomu düz ve dallanmış zincirli, halkalı, aromatik yapıya sahip çok sayıda bileşik oluşturur.

Karbon elementinin oluşturduğu bazı bileşikler



2.3.2. Karbonun Allotropları

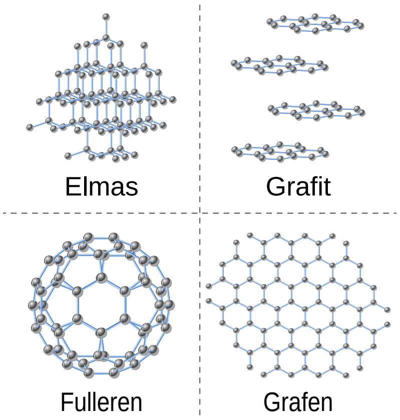
Aynı tür atomların farklı sayı ve dizilişte bir araya gelmesiyle oluşan maddelere **allotrop** denir. Aynı tür atomdan oluşmalarına rağmen allotrop maddelerin fiziksel ve bazı kimyasal özellikleri birbirinden farklıdır. Canlılığın temel yapı taşlarından biri olan karbonun elmas ve grafit gibi doğal, fulleren ve grafen gibi laboratuvar ortamında oluşturulmuş yapay allotropları vardır (Şekil 2.1). Bu yapay allotroplar karbon atomlarının farklı şekillerde dizilmesi temelinde oluşturulmaktadır. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte bu allotroplardan karbon nanotüp gibi yeni maddeler üretilmektedir.

Günümüzde karbon allotropları ve bunlardan üretilen yeni maddeler farklı alanlarda yoğun bir şekilde kullanılmaktadır.

Elmas: Karbonun düzgün kristal yapıya sahip olan bu allotropu tarih boyunca insanoğlunun zenginliğinin ve gösterişinin simgesi olmuştur (Görsel 2.3). Günümüzde elmasın yeni kullanım alanları da ortaya çıkmaktadır.

Video Bilgi

Karbonun Allotropları



Şekil 2.1: Karbonun allotropları

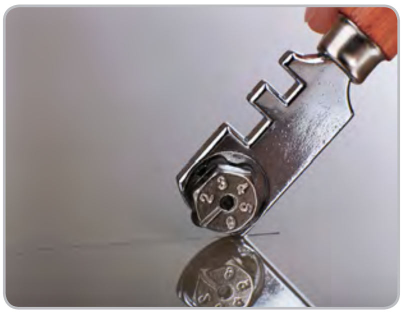


Görsel 2.3: Elmas

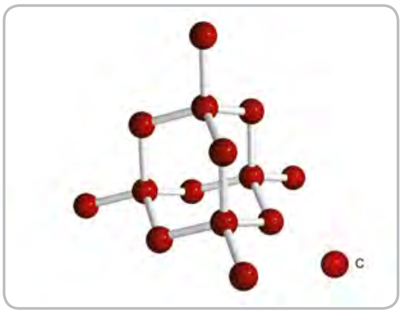
Bilgi Kutusu

1 pm (pikometre) 10^{-12} metreye eşittir.

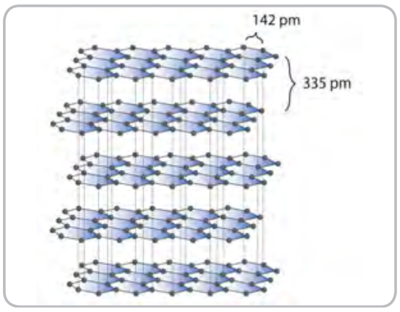
Elmas bilinen en sert doğal maddelerden biri olduğundan cam kesici, delici (matkap uçları) ve taş yontucu aletlerde kullanılır (Görsel 2.4). Elmasın bu kadar sert yapıda olmasının nedeni yapısındaki karbon atomlarının bağlanma şeklidir. Elmastaki her bir karbon atomu, çevresindeki diğer dört karbon atomu ile bağ oluşturur. Düzgün dörtyüzlü geometriye sahip kristal yapı oluşturan bu bağlar çok kuvvetlidir (Şekil 2.2). Bağların bu yapısından dolayı elmas elektriği iletmez ancak ısıyı iletir.



Görsel 2.4: Elmasla camın kesilmesi



Şekil 2.2: Elmasın yapısı



Şekil 2.3: Grafitin yapısı

Grafit: Karbonun bir başka allotropu olan grafit; siyah renge, parlak görünüme ve yumuşak bir yapıya sahiptir. Grafitte, karbon atomları altıgen halkalar oluşturacak şekilde dizilmiştir. Bu altıgen halkalar tabakalar hâlindedir. Tabakalar arasında zayıf bağlar bulunur (Şekil 2.3). Grafit, yapısında bulunan pi bağlarındaki elektronların hareketinden dolayı ısı ve elektriği iletir. Elektriği iletmesi ve erime noktasının yüksek olması grafitin kullanım alanını genişleten özelliklerinin başlıcalarıdır.

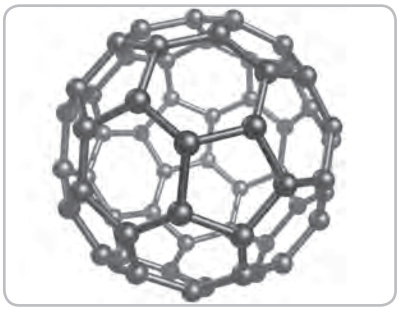
Grafitin erime sıcaklığının (3500-3527 °C) çok yüksek olması onun ısıya karşı dayanaklı olmasını sağlar. Bu özelliğinden dolayı metalürjide döküm potalarının yapımında kullanılır (Görsel 2.5).



Görsel 2.5: Döküm potası

Grafit; kurşun kalem uçlarının yapımında, kuru pil üretiminde, makine parçalarının üzerine yapışabilme özelliğinden dolayı yağlama malzemesi olarak kullanılmaktadır.

Fulleren: Belirli sayıda karbon atomunun bir araya getirilmesiyle oluşturulan fulleren; top, tüp, çubuk ve halka şeklinde sınıflandırılabilen yapay bir allotroptur (Görsel 2.6). Yapı olarak grafite benzemekle birlikte tabakaları grafitinki gibi değildir. Karbon atomları fullerenin tabakalarında beşgen, altıgen veya yedigen halkalar olarak dizilebilir. Bu halkaların ana düzlemlerinin kıvrılması ile küresel yapılar oluşturulabilir.



Görsel 2.6: Fullerenin yapısı

Son yıllarda gerçekleştirilen çeşitli sentezler ile fulleren bileşiklerinin sayısı artmıştır. Fulleren; güneş pillerinde, hidrojen yakıt depolarında, kurşungeçirmez yeleklerde (Görsel 2.7) kullanılır.



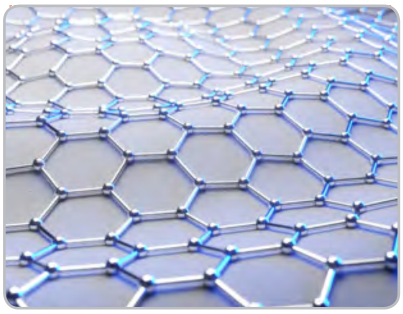
Görsel 2.7: Kurşungeçirmez yelek

Grafen: Sadece karbon atomlarından oluşan sistemler arasında karbon atomunun iki boyutlu allotropu olan grafen, diğer allotropların elektronik özelliklerinin anlaşılabilmesi açısından son derece önemli bir yere sahiptir (Görsel 2.8).

Grafen, karbon atomlarının altıgenlerden oluşan bal peteği örgü yapısında sıralanmasından elde edilen iki boyutlu düzlemsel yapıların çok

nadir örneklerinden birisidir. Bu yapı, grafene olağanüstü özellikler kazandırmaktadır. Saydam olan grafen tabakası elektriği ve ısıyı çok hızlı bir şekilde iletebilir.

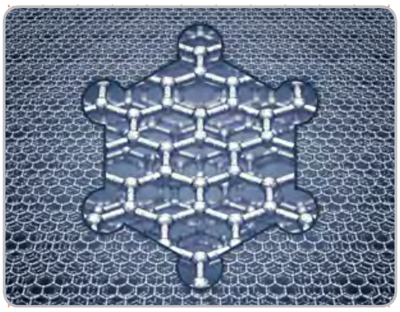
Grafenin yapısı çelikten 6 kat hafif, yoğunluğu çelikten 6 kat daha düşüktür. Çelikten 6 kat daha sert ama 13 kat daha fazla esneme yeteneğine sahiptir. Bu özellikler grafenin gelecekte süper küçük bilgisayar üretiminden katlanabilir tabletlere, kirlenmeyen kıyafetlerden deri altına yerleştirilebilecek tıbbi cihazlara kadar birçok alanda kullanılabileceğini göstermektedir.



Görsel 2.8: Grafenin iki boyutlu yapısı

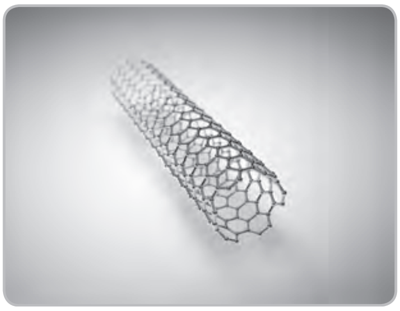
Grafenin muhtemel başka bir kullanım alanı da pillere alternatif olacağı düşünülen süperkapasitörlerdir. Süperkapasitörler, normal kondansatörlerden çok daha fazla yük depolayarak elektronik cihazlardaki pil sorununu yakın bir gelecekte çözebilir.

Bataryaların hızlı şarj edilmesi, radyoaktif atıkların daha kolay temizlenebilmesi, güçlü ve daha sağlam aletler, elektronik kâğıtlar, su geçirmeyen kıyafetler, daha sağlam ve hafif uçaklar, koruma ekipmanları grafenin diğer kullanım alanlarıdır (Görsel 2.9).



Görsel 2.9: Grafen tabakaları

Karbon Nanotüp: Grafite uygulanan özel işlemler sonucu oluşan nanometre boyutundaki silindirik tüplere **nanotüp** denir (Görsel 2.10). Nanometre metrenin milyarda biridir. Nanotüplerin çapları nanometre, uzunlukları ise milimetre boyutundadır. Çaplarının milyonlarca katı uzunluklara ulaşabilen karbon nanotüpler; sağlamlık, elektrik iletkenliği, ısı iletkenliği gibi özellikleriyle de diğer malzemelere göre daha kullanışlıdır.



Görsel 2.10: Karbon nanotüp

En sert doğal madde olarak bilinen elmastan daha sert, aynı kütledeki çelikten daha sağlam yapay bir malzeme olan karbon nanotüpler; bakır ve gümüşten 1000 kat daha fazla elektrik akımı taşıyabilmekte ve yüksek sıcaklıklarda bile özelliklerini koruyabilmektedir.

Elektronik nano boyutlu cihazlarda (diyot, transistör, nanoteller vb.), hidrojen pillerinde, şarj edilebilir bataryalarda, organik güneş pillerinde, dokunmatik ekranlarda ve biyosensörlerin yapımında nanoteknolojiden yararlanılmaktadır.

5. Alıştırma

Aşağıda numaralar ile verilen ifadeleri, harf ile verilen ifadelerle eşleştiriniz.

Karbonun Allotropları	Kullanım Alanları
1. Elmas	a) Kurşungerçirmez yelek
2. Grafit	b) Matkap uçları
3. Fulleren	c) Kalem uçları
4. Grafen	ç) Elektronik kâğıt

Cevap

4. BÖLÜM

LEWİS FORMÜLLERİ

Konular

2.4.1. Kovalent Bağlı Bileşiklerin Lewis Formülleri

Anahtar Kavramlar

Gilbert Newton Lewis (Cilbırt Nivtın Livıs), meslek hayatının büyük bir kısmını moleküllerin yapısını ve termodinamiğini yani kimyasal değişmelerdeki enerji bağıntılarını anlamaya adamıştır. Kimyasal bağ ile ilgili temel bilgilerin birçoğunu ortaya koyan bu bilim insanı, çağının çok ilerisindeki görüşleriyle kimya bilimini derinden etkilemiştir.

Lewis, atomlar bağ oluştururken değerlik elektronlarının nasıl davrandığını izlemek için basit bir yöntem belirlemiş ve bunu kendi adıyla anılacak formüllere dönüştürmüştür.

Bu bölümde kovalent bağlı bileşiklerin Lewis formüllerini öğreneceksiniz.



2.4.1. Kovalent Bağlı Bileşiklerin Lewis Formülleri

Elementlerin oluşturacağı kovalent bağ sayısını o elementlerin değerlik elektronları belirler. Bir elementin son katmanındaki elektronlara o elementin **değerlik elektronları** denir. Elementler kovalent bağ oluştururken değerlik elektronlarını ortaklaşa kullanır. Ancak elementlerin değerlik elektronlarının hepsi bağ oluşumuna katılmayabilir. Molekül formüllerinde bağ oluşumuna katılan elektronlara **ortaklanmış (bağlayıcı) elektron** denir. Bir bağ ortaklaşa kullanılan iki elektrondan oluştuğundan bağı oluşturan elektronlar **bağlayıcı elektron çifti** şeklinde ifade edilir. Molekülde bağ oluşumuna katılmayan elektronlara **ortaklanmamış elektron**, bu elektronlar çift hâlinde bulunuyorsa **ortaklanmamış elektron çifti** denir.

Aşağıda N_2 molekülündeki ortaklanmış ve ortaklanmamış elektron çiftleri gösterilmiştir.



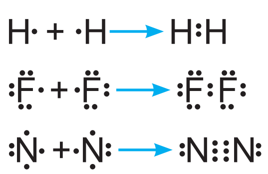
Bağ oluşumuna katılmayan elektronlar ile bağ oluşumuna katılan elektronlar birbirine itme kuvveti uygular. Bu itme kuvveti moleküllerin yapısındaki bağların yönelimlerini ve buna bağlı olarak moleküllerin uzaydaki şekillerini belirler. Bu nedenle molekül şekilleri belirlenirken sadece bağ oluşumuna katılan elektronlar değil katılmayanlar da gösterilir.

Değerlik elektronlarının, atomun sembolü etrafında noktalar hâlinde gösterilmesiyle elde edilen formüle **Lewis formülü** denir. 2. periyot elementlerinin Lewis yapıları aşağıda verilmiştir (Tablo 2.3).

Tablo 2.3: 2. Periyot Elementlerinin Lewis Yapıları

Grup	Lewis Yapısı	Grup	Lewis Yapısı
1A	Li·	5A	·N̈· (5 nokta)
2A	·Be·	6A	:Ö· (6 nokta)
3A	·Ḃ· (3 nokta)	7A	·F̈: (7 nokta)
4A	·Ċ· (4 nokta)	8A	:N̈e: (8 nokta)

Moleküllerin Lewis formülleri yazılırken atomların bağ yapan elektronları karşılıklı yazılarak eşleştirilir.



Lewis yapılarında atomlar arasındaki her elektron çifti bir kovalent bağı simgelemektedir. Bağ yapmış bu elektron çiftleri çizgiyle de gösterilebilir. Bu formüle bileşiğin **çizgi bağ formülü** denir. Bazı moleküllerin Lewis ve çizgi bağ formülleri aşağıda gösterilmiştir (Tablo 2.4).

Tablo 2.4: Bazı Moleküllerin Lewis ve Çizgi Bağ Formülleri

Bileşik Formülü	Lewis Formülü	Çizgi Bağ Formülü
H_2	H:H	H–H
F_2	:F̤̈:F̤̈:	:F̤̈–F̤̈:
N_2	:N⋮⋮N:	:N≡N:
O_2	Ö::Ö	Ö=Ö
CH_4	H H:C:H H	H | H–C–H | H
C_2H_4	H H C::C H H	H H | | C=C | | H H
C_2H_2	H:C⋮⋮C:H	H–C≡C–H

Yukarıdaki tabloda (Tablo 2.4) gösterilen O_2 molekülünün Lewis formülü incelenirse

- ${}_8O$ elementinin elektron dizilişi ${}_8O$: $1s^2 2s^2 2p^4$ şeklindedir.

O elementinin elektronlarının orbitallere dağılımı

${}_8O$ $\underset{1s}{\uparrow\downarrow}$ $\underset{2s}{\uparrow\downarrow}$ $\underset{2p_x}{\uparrow\downarrow}$ $\underset{2p_y}{\uparrow}$ $\underset{2p_z}{\uparrow}$ şeklindedir.

6A grubunda bulunan O elementinin değerlik elektronları s ve p orbitallerindedir. 2 yarı dolu orbitali olduğundan bileşiklerinde 2 bağ yapar. Oksijen atomunun Lewis formülü

:Ö· şeklinde gösterilir.

O_2 molekülünün Lewis formülü aşağıdaki gibidir:

Ö::Ö

Ortaklanmış (bağlayıcı) elektron sayısı	= 4
Ortaklanmış elektron çifti sayısı	= 2
Ortaklanmamış elektron çifti sayısı	= 4
Ortaklanmamış elektron sayısı	= 8

Bileşiklerin Lewis formülleri yazılırken genellikle fazla bağ yapan atom merkeze, diğer atomlar ise merkez atomun etrafına yazılır.

- ${}_6C$ ile ${}_1H$ elementleri arasında oluşacak CH_4 bileşiğinin Lewis formülü şu şekilde yazılır.

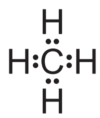
Önce bileşiği oluşturan atomların elektron dizilişinden hangi grupta olduğu ve kaç bağ yapacağı bulunur.

$_6C: 1s^2 2s^2 2p^2$ C atomu 4A grubundadır ve 4 bağ yapar.

$_1H: 1s^1$ H atomu 1A grubundadır ve 1 bağ yapar.

1 tane C atomuna 4 tane H atomu bağlanır.

Fazla bağ yapan C atomu merkeze yazılır, H atomları ise C atomuna bağlanır.

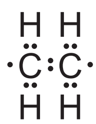


C atomunun 4 tane değerlik elektronu vardır ve hepsi bağ yapmıştır.

H atomunun 1 tane değerlik elektronu vardır ve bağ yapmıştır.

- $_6C$ ile $_1H$ atomları arasında oluşacak C_2H_4 bileşiğinin Lewis formülü şu şekilde yazılır.

C atomları merkez atom olduğundan birbirine bağlanıp H atomları C atomlarına eşit şekilde dağıtılırsa aşağıdaki yapının elde edilmesi gerekir.

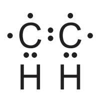


Ancak böyle bir yapının olması mümkün değildir. Her iki C atomu da bağ sayısını tamamlayamamıştır ve birer tane elektronları boşta kalmıştır. Bu nedenle boşta kalan elektronlar kendi aralarında bağ yaparak C atomları arasında ikili bağ oluşturur.



- $_6C$ ile $_1H$ atomları arasında oluşacak C_2H_2 bileşiğinin Lewis formülü şu şekilde yazılır.

C atomları merkez atom olduğundan birbirine bağlanıp H atomları eşit şekilde dağıtılırsa aşağıdaki yapının elde edilmesi gerekir.

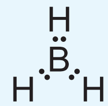
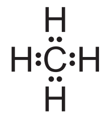
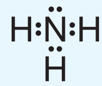
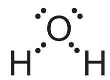
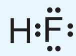


Ancak böyle bir yapının olması mümkün değildir. Bağ sayısını tamamlayamamış her iki C atomunun ikişer tane elektronu boşta kalmıştır. Bu nedenle boşta kalan elektronlar kendi aralarında bağ yaparak C atomları arasında üçlü bağ oluşturur.



Elementlerin periyodik cetveldeki gruplara göre yapabileceği bağ sayısı ve 2. periyot elementlerinin H elementiyle oluşturduğu bileşiklerin Lewis formülleri aşağıda gösterilmiştir (Tablo 2.5).

Tablo 2.5: 2. Periyot Elementlerinin Hidrojen ile Oluşturduğu Bileşiklerin Lewis Formülleri

Grup	Yapabileceği Bağ Sayısı	Hidrojenle Oluşturduğu Bileşik	Lewis Formülleri
1A Grubu	1 Bağ	LiH	Li:H
2A Grubu	2 Bağ	BeH_2	H:Be:H
3A Grubu	3 Bağ	BH_3	
4A Grubu	4 Bağ	CH_4	
5A Grubu	3 Bağ	NH_3	
6A Grubu	2 Bağ	H_2O	
7A Grubu	1 Bağ	HF	

Örnek

$_7$N ile $_9$F elementleri arasında oluşacak bileşiğin Lewis formülünü yazınız.

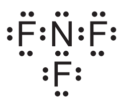
Çözüm

Önce bileşiği oluşturan elementlerin elektron dizilişinden hangi grupta olduğu ve kaç bağ yapabileceği bulunur.

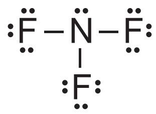
$_7$N: $1s^2 2s^2 2p^3$ N atomu 5A grubundadır ve 3 bağ yapar.

$_9$F: $1s^2 2s^2 2p^5$ F atomu 7A grubundadır ve 1 bağ yapar.

N atomu 3 bağ yaptığından merkez atomdur. Bu nedenle N atomu merkeze yazılarak F atomları N atomuna bağlanır.



Lewis formülü



Çizgi-bağ formülü

N atomunun 5 tane değerlik elektronu vardır. N atomu bunların 3 tanesi ile bağ yapımına katılmıştır, 2 tanesi ise (ortaklaşmamış) bağ yapımına katılmamıştır.

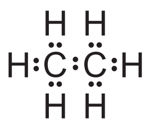
F elementi 7A grubundadır. 7 tane değerlik elektronu vardır ve bunların 1 tanesi bağ yapmış, 6 tanesi ise bağ yapımına katılmamıştır.

Örnek

$_6$C ile $_1$H elementleri arasında oluşacak C_2H_6 bileşiğinin Lewis formülünü yazınız.

Çözüm

C atomunun 4 bağ, H atomunun ise 1 bağ yaptığı bilinmektedir. İki tane C atomu merkez atomdur. Önce bu atomlar birbirine bağlanır. Hidrojenler bu atomlara eşit bölüştürülerek bağlanır.



6. Alıştırma

$_8$O ve $_9$F elementleri arasında oluşacak OF_2 bileşiğinin Lewis formülünü yazınız.

Cevap

5. BÖLÜM

HİBRİTLEŞME-MOLEKÜL GEOMETRİLERİ

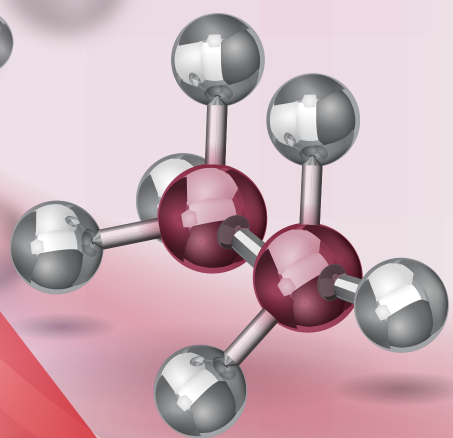
Konular

Anahtar Kavramlar

- Hibritleşme
- σ (sigma) bağı
- π (pi) bağı
- Molekül geometrisi

3. Bölüm'de karbon atomunun 4 tane bağ yapabildiğini öğrenmiştiniz. Karbon atomunun temel hâlde 2 yarı dolu orbitali olmasına rağmen karbon atomu hemen hemen bütün bileşiklerinde 4 bağ oluşturmaktadır. Karbon atomunun 4 bağ oluşturabilmesi için 4 tane yarı dolu orbitale sahip olması gerekir. Bunun nasıl gerçekleştiği bu bölümün temel konusudur.

Bu bölümde tekli, ikili ve üçlü bağların oluşumunu; hibritleşmeyi, VSEPR (Valance Shell Electron Pair Repulsion - Değerlik Katmanı Elektron Çifti İtme Kuramı) yaklaşımını ve moleküllerin geometrilerini öğreneceksiniz.



2.5.1. Hibritleşme

Organik bileşiklerde bileşiği oluşturan elementler arasında genellikle kovalent bağlar bulunur. Bu bağlar, orbitallerin örtüşmesiyle ve elektronların bu orbitallere yerleşmesiyle oluşur. Örtüşen orbitaller atomik orbitaller olabileceği gibi hibrit orbitaller de olabilir.

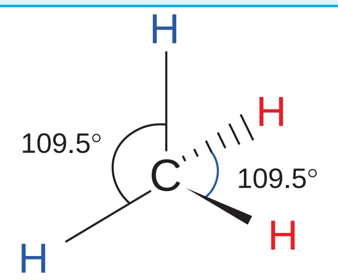
Organik bileşiklerin en basit molekülü olan metan (CH_4) molekülünün bağları yandaki şekilde gösterilmiştir (Şekil 2.4). Metan molekülünde karbon atomu merkezde bulunmakta ve 4 tane hidrojen atomuyla bağ yapmaktadır. Karbon ile hidrojen atomları arasındaki bağlar özdeştir ve aralarındaki bağ açısı 109,5°dir. Metan molekülünün yapısını anlamak için karbon atomunun elektron dizilimini (konfigürasyon) incelemek gerekir. Karbon atomunun temel hâlde elektron dizilimi ve atomik orbital şekilleri aşağıdaki gibidir.

$_{6}C$ $\frac{\uparrow\downarrow}{1s}$ $\frac{\uparrow\downarrow}{2s}$ $\frac{\uparrow}{2p_x}$ $\frac{\uparrow}{2p_y}$ $\frac{}{2p_z}$ (Temel hâl)

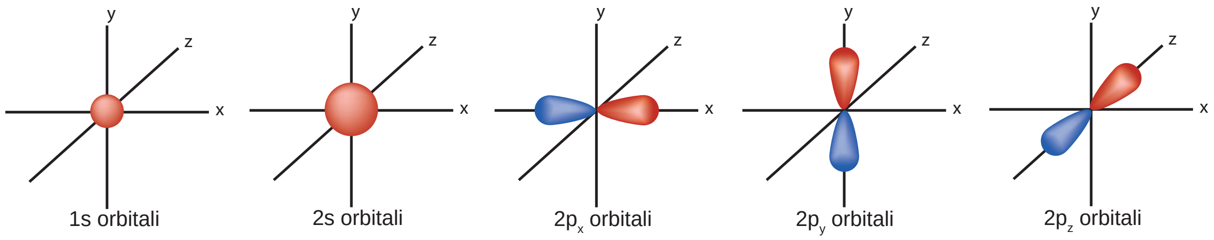
Karbon atomunun atomik orbitalleri aşağıda gösterilmiştir (Şekil 2.5).

Bilgi Kutusu

Moleküllerin üç boyutlu formüllerinde kâğıt düzleminde önde olan bağ koyu (▬), düzlemin arkasında olan bağ kesik çizgiyle (·····) gösterilirken düzlemdeki bağlar düz çizgiyle (—) gösterilir.

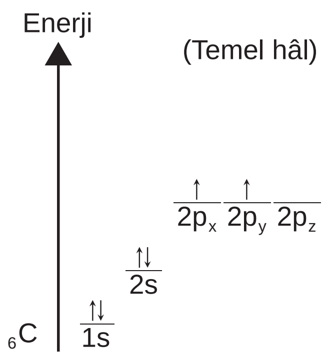


Şekil 2.4: Metan molekülünün bağ yapısı



Şekil 2.5: Karbon atomunun atomik orbitalleri

Yukarıda gösterilen atomik orbitallerin enerjileri farklıdır (Şekil 2.5). 1s orbitali diğer orbitallere göre çekirdeğe daha yakındır ve enerjisi daha düşüktür. Karbon atomunda bulunan orbitallerin temel hâl enerji seviyeleri aşağıdaki şekilde gösterilmiştir (Şekil 2.6).



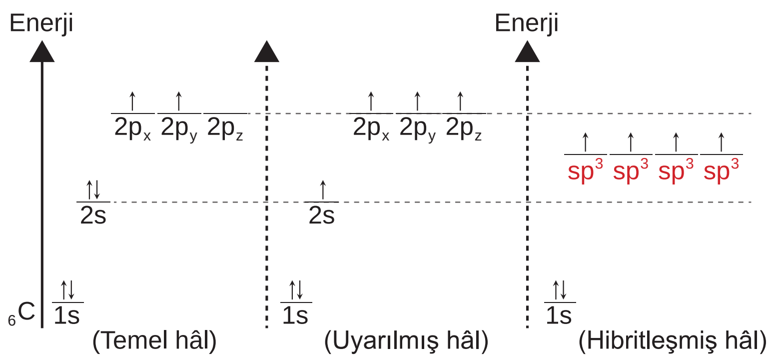
Şekil 2.6: Karbon atomundaki orbitallerin temel hâl enerji seviyeleri

Bir atom, temel hâldeki elektron dizilişinde bulunan yarı dolu orbitali sayısı kadar kovalent bağ yapar. Yukarıdaki şekil incelendiğinde karbon atomunun yalnızca yarı dolu 2p orbitallerinde bulunan $2e^-$ ile bağ yapabileceği görülmektedir (Şekil 2.6). Karbon atomunun oluşturduğu CH_4 molekülünde ise karbon atomunun hidrojen atomuyla 4 tane özdeş bağ yaptığını öğrenmiştiniz. Böyle bir durum ancak karbon atomunun 4 tane özdeş yarı dolu orbitalinin olması ile mümkündür.

Video Bilgi

Hibritleşme ve Molekül Geometrileri

Karbon atomunun 2s orbitalinde bulunan elektronlardan biri uyarılarak 2p boş orbitaline yerleşir. 2s ve 2p orbitalleri eş enerji düzeyine gelip örtüşerek yeni özdeş 4 tane orbital oluşturur. Aynı enerji düzeyinde bulunan farklı orbitallerin kendi aralarında örtüşerek eş enerjili yeni orbitaller oluşturmasına **hibritleşme (melezleşme)**, oluşan yeni orbitallere ise **hibrit (melez) orbital** denir. Aşağıdaki şekilde karbon atomunun temel, uyarılmış ve hibritleşmiş hâl orbitallerinin enerji seviyeleri gösterilmiştir (Şekil 2.7).



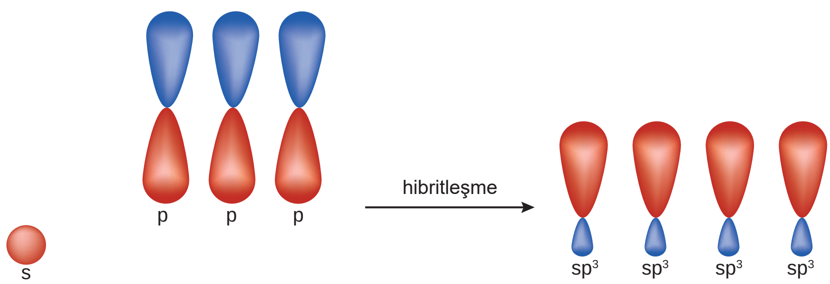
Şekil 2.7: Karbon atomunun temel, uyarılmış ve hibritleşmiş hâl orbitallerinin enerji seviyeleri

Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi karbon atomunun s orbitali ve 3 tane p orbitali kendi aralarında örtüşerek 4 tane yeni hibrit orbital meydana getirmiştir (Şekil 2.7). Örtüşen orbital sayısı 4 olduğundan oluşan hibrit orbital sayısı da 4'tür. Oluşan hibrit orbitalleri 1 tane s, 3 tane p orbitalinden oluştuğundan bu orbitallere **sp^3 hibrit orbitali** denir. Hibritleşme sonucunda oluşan 4 hibrit orbitalinin enerjisi birbirine eşittir. Hibritleşmiş karbon atomunun elektronik dizilimi

$_6C: 1s^2 2(sp^3)^1 2(sp^3)^1 2(sp^3)^1 2(sp^3)^1$

⇅ ↿ ↿ ↿ ↿ şeklinde gösterilir.

s ve p orbitallerinin örtüşmesi ile meydana gelen sp^3 hibrit orbitalleri aşağıdaki şekilde gösterilmiştir (Şekil 2.8).



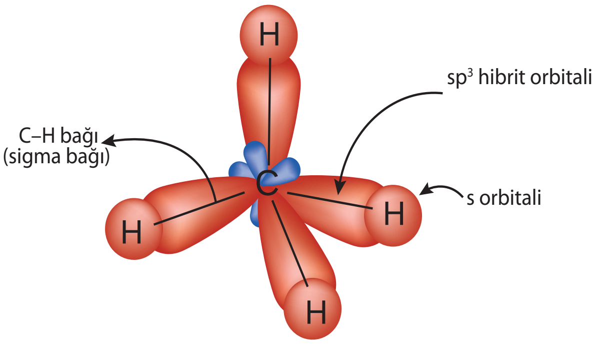
Şekil 2.8: Atomik orbitallerin örtüşmesiyle oluşan sp^3 hibrit orbitalleri

Metan molekülünde hibritleşmiş sp^3 hibrit orbitalleriyle hidrojenin s orbitali uç uca örtüşerek C-H bağlarını oluşturmuştur. Bu şekilde iki orbitalin uç uca gelerek örtüşmesiyle oluşan bağlara **sigma (σ) bağı** denir. Metan molekülünde oluşan sigma bağları ve orbital örtüşmeleri aşağıdaki şekilde gösterilmiştir (Şekil 2.9).

Bilgi Kutusu

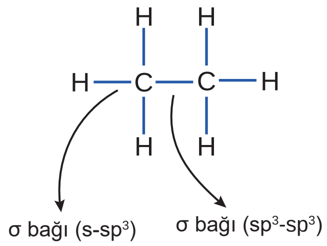
sp^3 hibritleşmesinde p harfinin üzerinde bulunan 3 rakamı "küp" anlamında değildir. Bu rakam, örtüşen atomik orbitallerin sayısını gösterir.

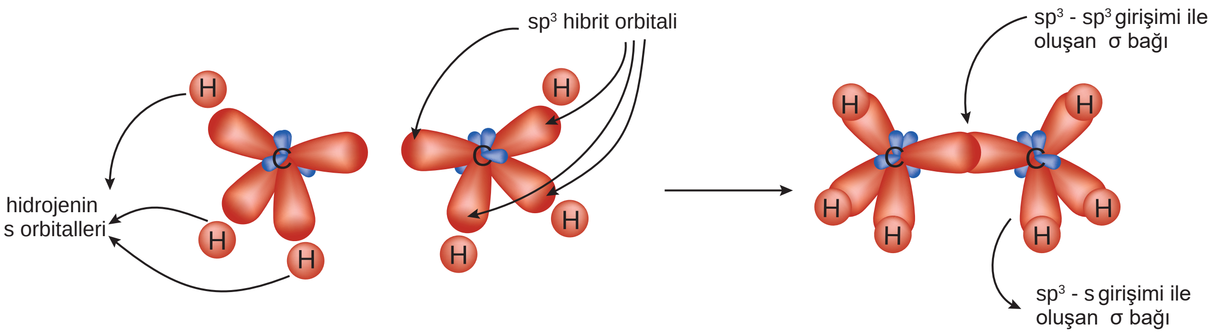
sp^3; "se, pe, üç" şeklinde okunur.



Şekil 2.9: Metan molekülünün sigma bağları ve orbital örtüşmeleri

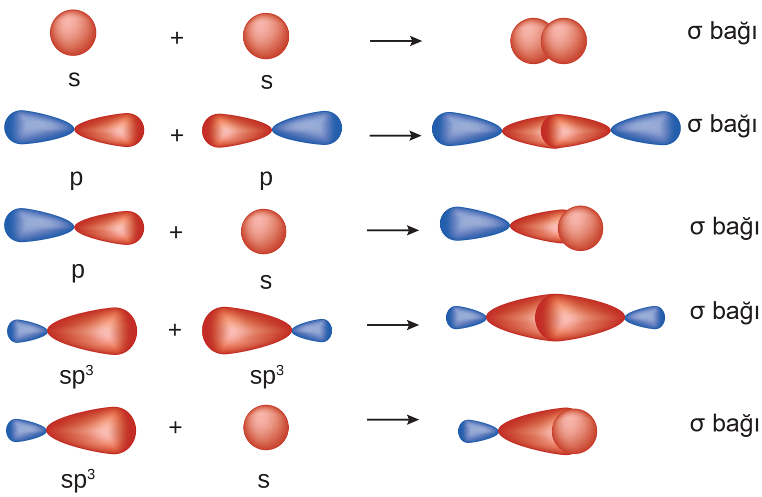
Etan molekülü incelendiğinde her iki karbon atomunun sp^3 hibritleşmesi yaptığı görülür. Bu hibrit orbitalleri uç uca örtüşerek sigma (σ) bağlarını oluşturur. Etan molekülünde 7 tane sigma bağı bulunur. Bu bağların 6 tanesi hidrojen atomlarının s orbitalleri ile C atomunun sp^3 hibrit orbitallerinin örtüşmesinden oluşan sigma bağlarıdır. Her iki C atomunu bağlayan σ bağı ise iki tane sp^3 hibrit orbitalinin uç uca örtüşmesiyle oluşur. Etan molekülünün sigma bağları ve orbital örtüşmeleri aşağıdaki şekilde gösterilmiştir (Şekil 2.10).





Şekil 2.10: Etan molekülünün sigma bağları ve orbital örtüşmeleri

Etan molekülünde görüldüğü gibi sigma bağları, farklı orbitallerin örtüşmesiyle de oluşabilmektedir. Aşağıdaki şekilde atomik ve hibrit orbitallerin örtüşmesiyle oluşan sigma bağları gösterilmiştir (Şekil 2.11).



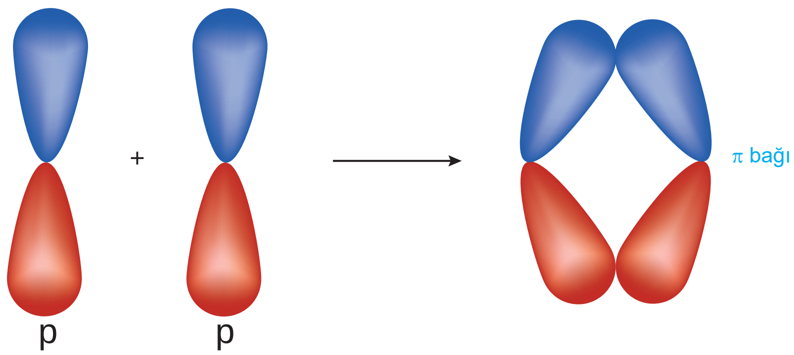
Şekil 2.11: Atomik ve hibrit orbitallerin örtüşmesiyle oluşan sigma bağları

İki atom arasında sadece sigma bağı mı oluşur? İki atom arasında birden fazla bağ (ikili bağ, üçlü bağ gibi) oluşması da mümkündür. Bir sigma bağı iki atom arasındaki boşluğu elektronlar ile dolduracağından ikinci bir sigma bağı oluşması mümkün değildir. Çünkü uç uca örtüşecek başka orbital yoktur. Bu nedenle ikinci ve üçüncü bağın sigma bağlarından farklı olması gerekir. Bu bağlar orbitallerin yan yana örtüşmesi ile oluşabilir. p orbitalleri için böyle bir örtüşme mümkündür. Düzlemin altında ve üstünde bulunan p orbitalleri düzleme dik şekilde birbiriyle yan yana örtüşerek yeni bağ oluşturur ve oluşan bu bağa **pi (π) bağı** denir. Atomlar arasında oluşan ikinci ve üçüncü bağlar yalnızca p orbitalleriyle oluşur.

Kovalent bağlar oluşurken aşağıdaki gibi bir genelleme yapılabilir.

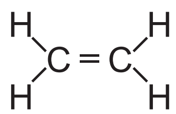
Tekli Bağ	–	1 tane sigma bağı
İkili Bağ	=	1 tane sigma bağı + 1 tane pi bağı
Üçlü Bağ	≡	1 tane sigma bağı + 2 tane pi bağı

İki atom arasında oluşan ilk bağ her zaman sigma bağıdır. İki bağ oluşuyorsa biri sigma, diğeri pi bağıdır. Üçlü bağ oluşuyorsa birinci bağ sigma, diğer iki bağ pi bağıdır. Pi bağının oluşumu aşağıdaki şekilde gösterilmiştir (Şekil 2.12).

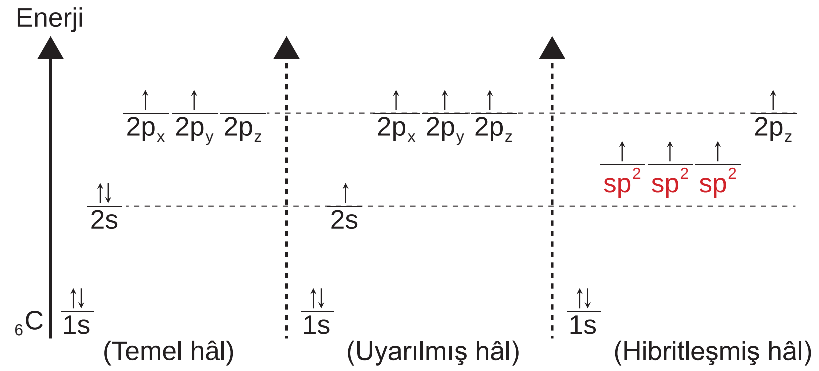


Şekil 2.12: p orbitallerinin örtüşmesiyle oluşan pi bağının oluşumu

Çift bağ içeren C bileşiklerinden biri olan etilen (C_2H_4) molekülü incelendiğinde



moleküldeki C atomları arasında bulunan bağlardan birinin sigma, diğerinin pi bağı olduğu görülür. Pi bağının oluşması için p orbitallerine ihtiyaç vardır. Etilen molekülü oluşurken C atomunun 2s orbitali ile 2p orbitallerinden p_x ve p_y orbitalleri hibritleşir ancak p_z orbitali hibritleşmeye katılmaz. Karbon atomunun sp^2 hibrit orbitallerinin enerji seviyeleri aşağıdaki şekilde gösterilmiştir (Şekil 2.13).

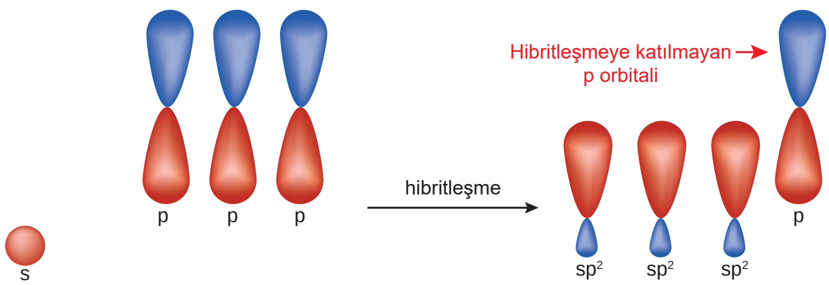


Şekil 2.13: Karbon atomunun temel, uyarılmış ve hibritleşmiş hâl orbitallerinin enerji seviyeleri

Bilgi Kutusu

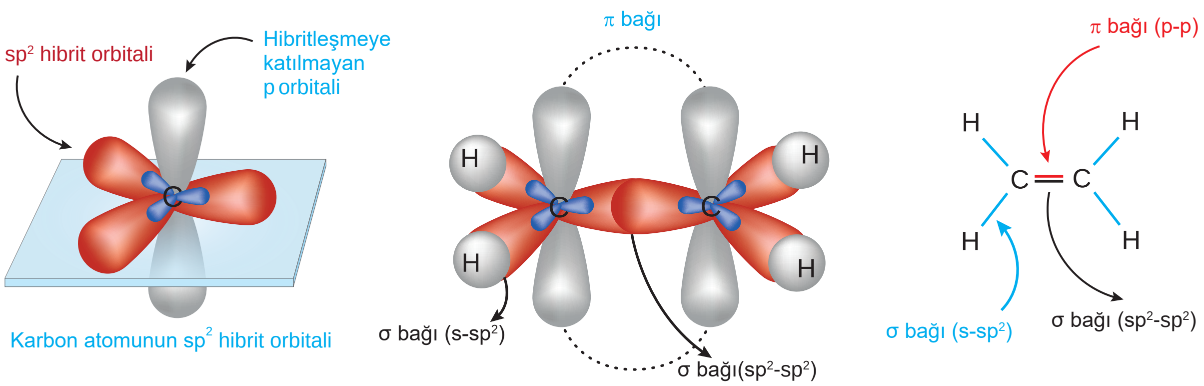
Karbon atomunda pi bağlarını oluşturan orbitaller hibritleşmeye katılmaz.

C atomunda 1 tane s ve 2 tane p orbitali hibritleşerek sp^2 hibrit orbitallerini oluşturur (Şekil 2.14). Hibritleşmeye katılmayan p_z orbitalleri yan yana örtüşerek pi bağını oluşturur.



Şekil 2.14: Atomik orbitallerin örtüşmesiyle oluşan sp^2 hibrit orbitalleri

Etilen molekülünde bulunan her bir C atomunun 3 tane sp^2 hibrit orbitali, birer tane de p_z orbitali bulunur. C atomlarının birer sp^2 hibrit orbitalleri uç uca örtüşerek C-C sigma bağını, diğer sp^2 hibrit orbitalleri de hidrojenin s orbitalleri ile uç uca örtüşerek C-H sigma bağlarını oluşturur. C atomlarının hibritleşmeye katılmayan yüksek enerjili p orbitalleri ise düzleme dik ve yan yana örtüşerek pi bağını oluşturur. Etilen molekülünde oluşan sigma ve pi bağları aşağıdaki şekilde gösterilmiştir (Şekil 2.15).

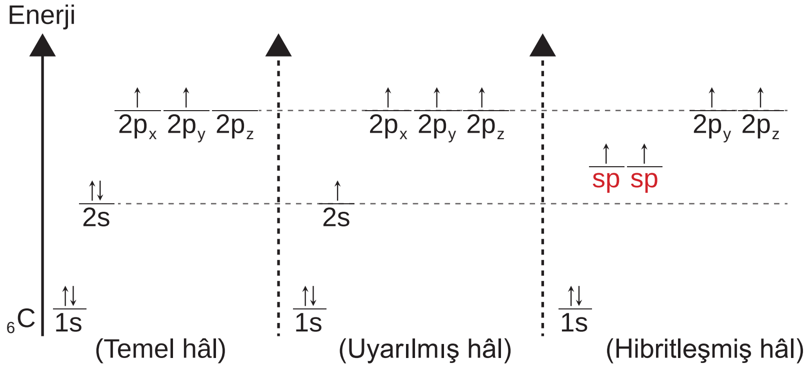


Şekil 2.15: Etilen molekülünde sigma ve pi bağlarının oluşumu

Organik bileşiklerde C atomları birbirine üçlü bağla da bağlanabilir. Buna en basit örnek asetilen (C_2H_2) molekülüdür.

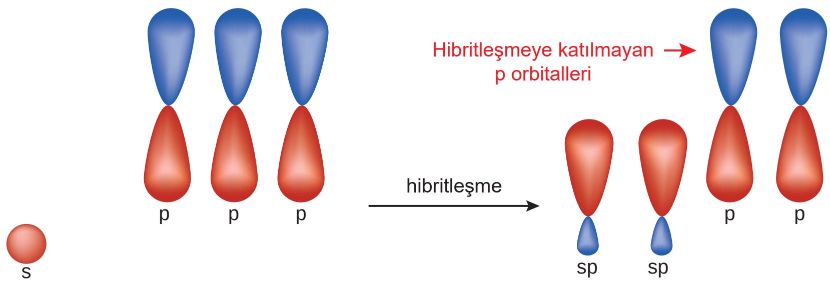
$$H-C\equiv C-H$$

Asetilen molekülünde C atomları arasındaki bağlardan biri sigma, diğer ikisi pi bağıdır. Bu molekül oluşurken C atomunun 2s orbitaliyle p_x orbitali hibritleşerek sp hibrit orbitallerini oluşturur. Hibritleşmeye katılmayan p_y ve p_z orbitalleri ise pi bağlarını oluşturur. Karbon atomunun sp hibrit orbitallerinin enerji seviyeleri aşağıda gösterilmiştir (Şekil 2.16):

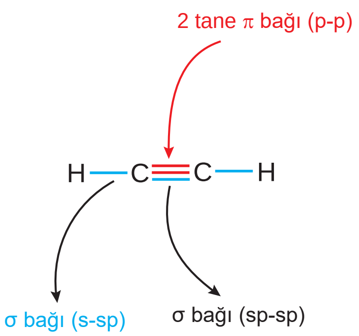


Şekil 2.16: Karbon atomunun temel, uyarılmış ve hibritleşmiş hâl orbitallerinin enerji seviyeleri

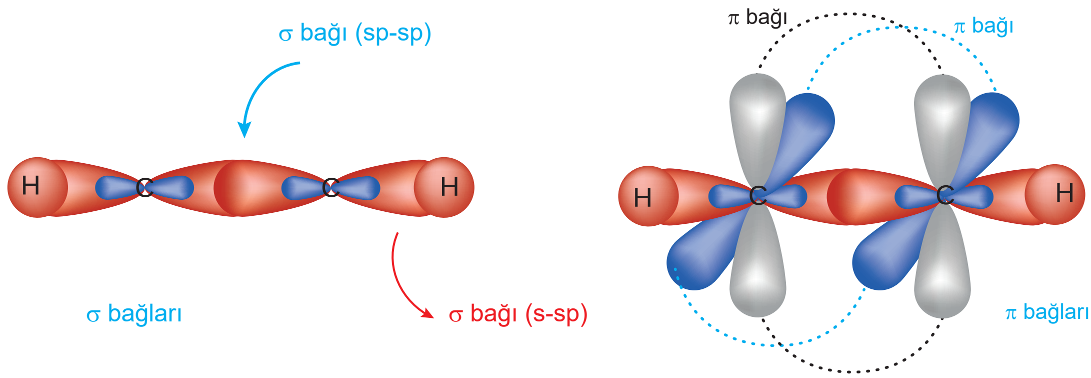
Aşağıdaki şekilde 1 tane s orbitali ile 1 tane p orbitalinin örtüşerek oluşturduğu sp hibrit orbitalleri gösterilmiştir (Şekil 2.17).



Şekil 2.17: Atomik orbitallerin örtüşmesiyle oluşan sp hibrit orbitalleri

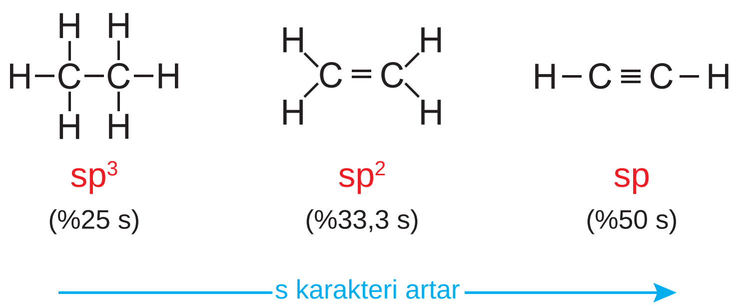


Asetilen molekülündeki C atomları sp hibritleşmesi yapar. C atomlarının sp hibrit orbitallerinden birer tanesi uç uca örtüşerek C-C sigma bağını, diğer sp hibrit orbitalleri ise H elementinin s orbitalleriyle uç uca örtüşerek C-H sigma bağlarını oluşturur. Hibritleşmeye katılmayan p_y ve p_z orbitalleri ise 2 tane pi bağı oluşturur. Asetilen molekülünde oluşan sigma ve pi bağları aşağıda gösterilmiştir (Şekil 2.18).



Şekil 2.18: Asetilen molekülünde sigma ve pi bağlarının oluşumu

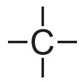
C atomları arasında tekli, ikili ve üçlü bağ oluştuğunu öğrendiniz. İki atomu birbirine bağlayan bağ sayısı arttıkça atomlar arasındaki mesafe kısalır. C atomları arasında oluşan üçlü bağlar en kısa bağlardır. Bağ uzunluğu ile bağ enerjisi ters orantılıdır. Yani enerjisi en büyük olan bağ, üçlü bağdır. Bu durum sigma bağlarını oluşturan hibrit orbitallerinde bulunan s karakteriyle de açıklanabilir. Hibrit orbitalinin s karakteri arttıkça bağın kuvveti artar ve bağ kısalır.



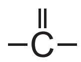
İki atom arasında oluşan sigma ve pi bağlarının enerjileri aynı mıdır? Sigma bağları, uç uca örtüştüğünden pi bağlarına göre daha kısa, daha sağlam ve bağ enerjileri daha yüksektir. Bu nedenle sigma bağlarının koparılması pi bağlarının koparılmasından daha zordur ve kimyasal tepkimelerde, varsa, pi bağları önce kopar.

Sonuç olarak C atomu bileşiklerinde 4 bağ yapar. Bu dört bağ; tekli, ikili veya üçlü olabilir.

Karbon atomu 4 tane sigma bağı yapmışsa hibritleşme türü sp^3tür.



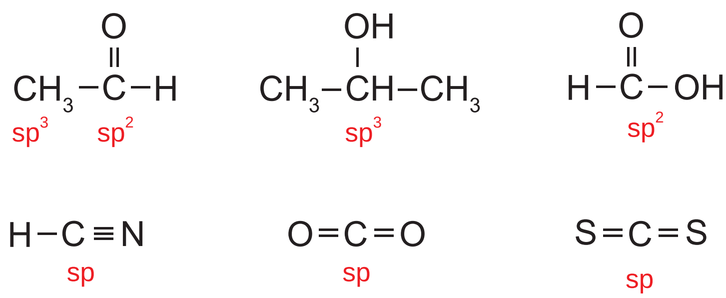
Karbon atomu 3 tane sigma, 1 tane pi bağı yapmışsa hibritleşme türü sp^2dir.



Karbon atomu 2 tane sigma, 2 tane pi bağı yapmışsa hibritleşme türü sp'dir.

≡C− veya =C=

C atomu başka atomlarla da ikili veya üçlü bağ yapabilir. C atomunun yaptığı bazı bileşiklerdeki hibritleşme türleri aşağıda gösterilmiştir:



Örnek

$\overset{①}{C}H_3-\overset{②}{C}H=\overset{③}{C}H-\overset{④}{C}\equiv\overset{⑤}{C}H$

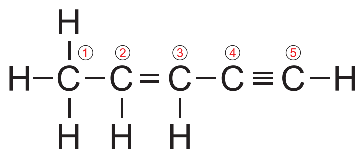
Yukarıda yapı formülü verilen molekülün

a) **Sigma ve pi bağı sayılarını bulunuz.**

b) **Numaralanmış C atomlarının hibritleşme türlerini belirleyiniz.**

Çözüm

a) Molekülün açık formülü



şeklinde yazılırsa molekülde toplam 10 sigma, 3 pi bağı olduğu görülür.

b) 1. C atomu 4 sigma bağı yaptığından sp^3,

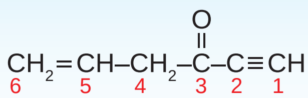
2. C atomu 3 sigma bağı yaptığından sp^2,

3. C atomu 3 sigma bağı yaptığından sp^2,

4. C atomu 2 sigma bağı yaptığından sp,

5. C atomu 2 sigma bağı yaptığından sp şeklindedir.

7. Alıştırma



Yukarıda yapı formülü verilen molekülün sigma ve pi bağlarını bularak numaralandırılmış karbon atomlarının hibritleşme türünü belirleyiniz.

Cevap

2.5.2. Molekül Geometrisi

Bir molekülün geometrik yapısı o molekülün fiziksel ve kimyasal özelliklerini etkiler. Molekülde bulunan ortaklanmış ve ortaklanmamış elektron çiftlerinin birbirini itmesi molekül geometrisinde ve bağ açılarında değişimlere yol açar. VSEPR'e (Değerlik Katmanı Elektron Çifti İtme Kuramı) göre molekülde ortaklanmış elektronlar ile ortaklanmamış elektron çiftlerinin birbirinden olabildiğince uzak konumlarda bulunması gerekir. Böylece elektronların birbirini itmesi en az düzeye iner ve bu durumdaki atomların konumuna göre molekül geometrisi belirlenir.

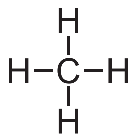
Moleküllerin VSEPR gösteriminde,

A: Merkez atomu,

X: Merkez atoma bağlı atom ya da atom gruplarını,

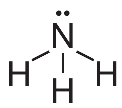
E: Merkez atomun çevresindeki ortaklanmamış elektron çiftlerini ifade eder.

CH_4 bileşiğinde C atomu merkez atomdur. Merkez atoma 4 tane H atomu bağlıdır. Merkez atomda ortaklanmamış elektron yoktur.



VSEPR gösterimi: AX_4

NH_3 bileşiğinde N atomu merkez atomdur. Merkez atoma 3 tane H atomu bağlanmıştır. Merkez atomda bir tane ortaklanmamış elektron çifti vardır.



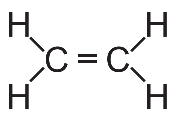
VSEPR gösterimi: AX_3E

Merkez atoma bağlı olan bağlar, ister ikili ister üçlü olsun tek bir bağ gibi düşünülür.

Asetilen (C_2H_2) bileşiğinde her iki karbon atomu da merkez atomdur. Her bir karbon atomuna iki tane atom bağlanmıştır ve ortaklanmamış elektron yoktur.

$H-C\equiv C-H$ VSEPR gösterimi: AX_2

Etilen (C_2H_4) bileşiğinde her iki karbon atomu da merkez atomdur. Her bir karbon atomuna üç tane atom bağlanmıştır ve ortaklanmamış elektron yoktur.



VSEPR gösterimi: AX_3

8. Alıştırma

NH_3 ve BH_3 moleküllerinin atom sayıları aynı olmasına rağmen molekül geometrilerinin farklı olmasının sebebini açıklayınız.

Cevap

2. periyot elementlerinin yaptığı bazı bileşiklerde geometrileri ve hibritleşmeleri şu şekilde incelenir.

BeH_2 molekülü

Molekülde merkez atom berilyumdur. Atom numarası 4 olan berilyum elementinin elektron dizilimi

$_4Be: 1s^2 2s^2 2p_x^0 2p_y^0 2p_z^0$

⇅ ⇅ _ _ _

şeklindedir.

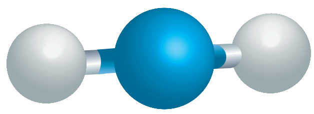
Berilyumun 2s ve 2p orbitalleri, bağ yapabilmek için 2s'den 2p'ye bir elektron vererek hibritleşir ve sp hibrit orbitallerini oluşturur.

$_4Be: 1s^2 2(sp)^1 2(sp)^1 2p_y^0 2p_z^0$

⇅ ↑ ↑ _ _

Berilyumun sp hibrit orbitalleri ve hidrojenin s orbitalleri sigma bağını oluşturur.

$$H-Be-H$$



Şekil 2.19: Doğrusal geometri

Bağ açısı	180^o
Geometrisi	Doğrusal (Şekil 2.19)
VSEPR gösterimi	AX_2
Hibritleşme türü	sp

BH_3 molekülü

Molekülde merkez atom bordur. Atom numarası 5 olan bor elementinin elektron dizilimi

$_5B: 1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^0$

⇅ ⇅ ↑ _ _

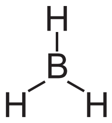
şeklindendir.

Bor atomu 3 bağ yapmak için hibritleşerek sp^2 hibrit orbitallerini oluşturur.

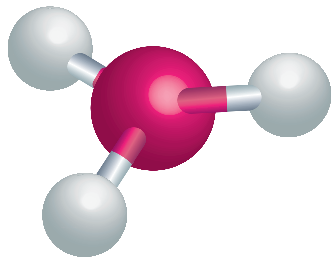
$_5B: 1s^2 2(sp^2)^1 2(sp^2)^1 2(sp^2)^1 2p_z^0$

⇅ ↑ ↑ ↑ _

Bor atomunun sp^2 hibrit orbitalleri ve hidrojenin s orbitalleri uç uca örtüşerek 3 tane sigma bağı oluşturur.



Bağ açısı	120°
Geometrisi	Düzlem üçgen (Şekil 2.20)
VSEPR gösterimi	AX_3
Hibritleşme türü	sp^2



Şekil 2.20: Düzlem üçgen geometri

CH_4 molekülü

Molekülde merkez atom karbondur. Atom numarası 6 olan karbon elementinin elektron dizilimi

$_6C: 1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^0$

↑↓ ↑↓ ↑ ↑ _

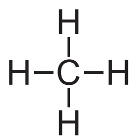
şeklindedir.

Karbon atomu 4 bağ yapabilmek için hibritleşerek sp^3 hibrit orbitallerini oluşturur.

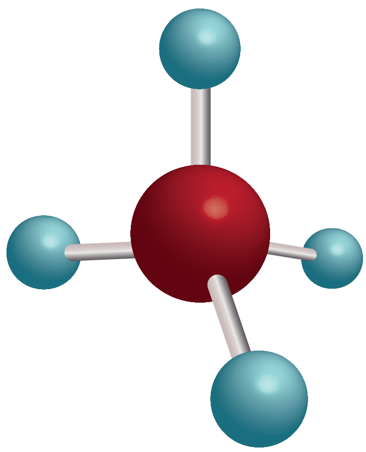
$_6C: 1s^2 2(sp^3)^1 2(sp^3)^1 2(sp^3)^1 2(sp^3)^1$

↑↓ ↑ ↑ ↑ ↑

Karbon atomunun sp^3 hibrit orbitalleri ile hidrojenin s orbitalleri uç uca örtüşerek 4 sigma bağı oluşturur.



Bağ açısı	109,5°
Geometrisi	Düzgün dörtyüzlü (Şekil 2.21)
VSEPR gösterimi	AX_4
Hibritleşme türü	sp^3



Şekil 2.21: Düzgün dörtyüzlü geometri

NH_3 molekülü

Molekülde merkez atom azottur. Atom numarası 7 olan azot elementinin elektron dizilimi

$_7N: 1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$

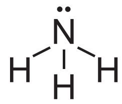
↑↓ ↑↓ ↑ ↑ ↑

şeklindedir.

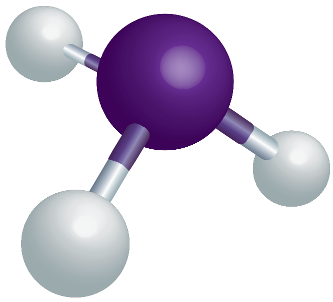
Azot atomunda 2s ve 2p orbitalleri hibritleşerek sp^3 hibrit orbitallerini oluşturur.

$${}_{7}N: 1s^2 2(sp^3)^2 2(sp^3)^1 2(sp^3)^1 2(sp^3)^1$$

⇅ ⇅ ↑ ↑ ↑



Bağ açısı	107^{o}
Geometrisi	Üçgen piramit (Şekil 2.22)
VSEPR gösterimi	AX_3E
Hibritleşme türü	sp^3



Şekil 2.22: Üçgen piramit geometri

H_2O molekülü

Molekülde merkez atom oksijendir. Atom numarası 8 olan oksijen elementinin elektron dizilimi

$${}_{8}O: 1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1$$

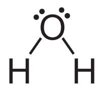
⇅ ⇅ ⇅ ↑ ↑

şeklindedir.

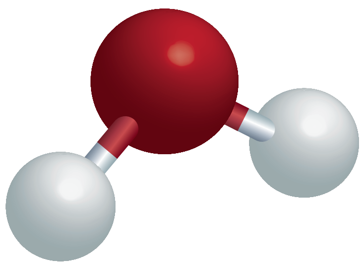
Oksijen atomunda 2s ve 2p orbitalleri hibritleşerek sp^3 hibrit orbitallerini oluşturur.

$${}_{8}O: 1s^2 2(sp^3)^2 2(sp^3)^2 2(sp^3)^1 2(sp^3)^1$$

⇅ ⇅ ⇅ ↑ ↑



Bağ açısı	$104{,}5^{o}$
Geometrisi	Açısal (kırık doğru) (Şekil 2.23)
VSEPR gösterimi	AX_2E_2
Hibritleşme türü	sp^3



Şekil 2.23: Açısal (kırık doğru) geometri

HF molekülü

İki atomlu moleküllerde merkez atom belirlenemez. Bir sigma bağı bulunan moleküllerde hibritleşme görülmez. Atom numarası 9 olan flor elementinin elektron dizilimi

${}_{9}F: 1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^2 2p_z^1$ şeklindedir.

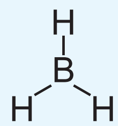
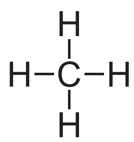
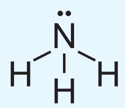
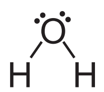
⇅ ⇅ ⇅ ⇅ ↑

H:F:

Bağ açısı	180°
Geometrisi	Doğrusal
VSEPR gösterimi	-
Hibritleşme türü	-

2. periyot elementlerinin hidrojen ile oluşturduğu bileşikler ve özellikleri aşağıda gösterilmiştir (Tablo 2.6).

Tablo 2.6: 2. Periyot Elementlerinin Hidrojen ile Oluşturduğu Bileşikler ve Özellikleri

Grup	Bileşik	Molekül Şekli ve Geometrisi	Bağ Açısı	Molekülün Polarlığı	VSEPR Gösterimi	Hibritleşme Türü
1A	LiH	Li–H Doğrusal	-	Polar		-
2A	BeH_2	H–Be–H Doğrusal	180°	Apolar	AX_2	sp
3A	BH_3	 Düzlem Üçgen (Üçgen Düzlem)	120°	Apolar	AX_3	sp^2
4A	CH_4	 Düzgün Dörtyüzlü	$109,5^{\circ}$	Apolar	AX_4	sp^3
5A	NH_3	 Üçgen Piramit	107°	Polar	AX_3E	sp^3
6A	H_2O	 Açısal (Kırık Doğru)	$104,5^{\circ}$	Polar	AX_2E_2	sp^3
7A	HF	H:F: Doğrusal	-	Polar		-

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI

A) Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcüğü/sözcükleri yazınız.

elmas	anorganik	grafen	Berzelius	hızlıdır
yavaştır	basit formül	organik	Lewis	molekül formülü
grafit	pi bağı	nanotüp	Wöhler	sigma bağı

1. NaCl, SO_2, CaO gibi bileşiklere .... bileşik denir.

2. Organik bileşikleri yapay olarak sentezleyen ilk bilim insanı .... dir.

3. Organik maddelerin tepkime hızı anorganik bileşiklerin tepkime hızına göre ....

4. Organik bileşikteki elementlerin gerçek sayılarının gösterildiği formüllere .... denir.

5. Karbonun doğal allotroplarından biri olan .... doğadaki en sert maddedir.

6. Organik madde kavramından bahseden ilk bilim insanı .... tur.

7. Karbonun allotroplarından biri olan .... hem elektriği iletebildiğinden hem de çok hafif ve sağlam olduğundan birçok alanda kullanılır.

8. İnce, içi boş, silindir şeklindeki yapay karbon allotropuna .... denir.

9. Bir atomun değerlik elektronlarının atom sembolü etrafında noktalar hâlinde gösterildiği formüle o atomun .... formülü denir.

10. Kovalent bileşiklerde iki atom arasında oluşan ilk bağa .... denir.

B) Aşağıda numaralar ile verilen ifadeleri, harf ile verilen ifadelerle eşleştiriniz.

Merkez Atomun Periyodik Cetvelde Bulunduğu Grup	2. Periyot Elementlerinin Hidrojen ile Yaptığı Bileşiklerin Molekül Geometrileri	Eşleştirme
11. 2A grubu	**a)** Üçgen piramit	
12. 3A grubu	**b)** Düzgün dörtyüzlü	
13. 4A grubu	**c)** Açısal	
14. 5A grubu	**ç)** Doğrusal	
15. 6A grubu	**d)** Düzlem üçgen	

C) Aşağıdaki açık uçlu soruların cevabını boş bırakılan alana yazınız.

16. Aşağıdaki bileşiklerin Lewis formüllerini yazınız.

($_{16}S$, $_9F$, $_{17}Cl$, $_6C$, $_5B$, $_1H$)

a) CCl_4 b) H_2S c) HCl ç) CS_2 d) BF_3

Cevaplar

17. Organik bileşiklerin özelliklerinden beş tanesini yazınız.

Cevap

18. Bir organik bileşiğin 0,5 molü yeterli miktarda O_2 gazıyla yakılınca 1,5 mol CO_2 ve 2 mol H_2O oluşmaktadır. **Harcanan oksijen gazı normal koşullarda 44,8 L olduğuna göre organik bileşiğin formülünü bulunuz.**

Cevap

19. NH_3 molekülü neden düzlemsel yapıda değildir? Açıklayınız.

($_7N$, $_1H$)

Cevap

20. Aşağıdaki bileşiklerin basit formüllerini yazınız.

a) $C_5H_{10}O_2$ b) C_6H_6 c) $C_4H_{10}O_2$

ç) $C_{12}H_{22}O_{11}$ d) C_3H_6

Cevaplar

21. Bir organik bileşiğin 0,2 molü 8 mol havayla artansız bir şekilde yakılmakta ve tepkime sonunda toplam 1,2 mol CO_2 ile 1,2 mol H_2O gazları oluşmaktadır. **Buna göre yakılan organik bileşiğin basit formülünü bulunuz.**

(Havanın $\frac{1}{5}$ i oksijendir.)

Cevap

22. Yalnızca karbon ve hidrojenden oluşan bir organik bileşiğin kütlece %20'si hidrojen olduğuna göre bu bileşiğin basit formülü nedir?

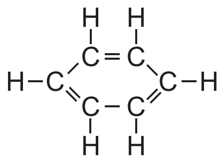
(C: 12, H:1)

Cevap

23. Aşağıda verilen bileşiklerdeki toplam sigma ve pi bağlarının sayısını yazınız.

a) $CH_2=CH-C\equiv C-CH_3$

b)



Cevaplar

24. Aşağıda verilen bileşikteki numaralandırılmış karbon atomlarının hibritleşme türünü yazınız.

$\underset{7}{CH_3}-\underset{6}{C}\equiv\underset{5}{C}-\underset{4}{CH}=\underset{3}{C}=\underset{2}{CH}-\underset{1}{CH_3}$

Cevap

25. Aşağıdaki moleküllerin VSEPR formüllerini yazınız.

($_{16}S$, $_9F$, $_{17}Cl$, $_6C$, $_7N$, $_1H$)

a) CO_2 b) NF_3 c) H_2S

ç) C_2H_2 d) CCl_4

Cevaplar

D) Aşağıdaki çoktan seçmeli soruları okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

26. Aşağıdaki bileşiklerden hangisi organik bir bileşik değildir?

A) CCl_4 B) $C_6H_{12}O_6$

C) HCOOH D) CH_3OH

E) H_2CO_3

27. Organik bileşiklerle ilgili,

I. Doğadaki sayıları anorganik bileşiklere göre daha azdır.

II. Tepkimeleri oldukça hızlıdır.

III. Ana kaynağı canlılardır.

IV. Erime ve kaynama noktaları yüksektir.

V. Genellikle yanıcıdır.

yargılarından kaç tanesi yanlıştır?

A) 1 B) 2 C) 3 D) 4 E) 5

28. $H-C\equiv C-H$ **molekülüyle ilgili,**

I. Karbon atomları sp hibritleşmesi yapmıştır.

II. Molekülün VSEPR gösterimi AX_2dir.

III. Karbon atomlarının hibritleşmeye katılmayan p orbitalleri uç uca örtüşerek pi bağlarını oluşturmuştur.

yargılarından hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II

C) I ve II D) I ve III

E) I, II ve III

29. CH_2O basit formülüne sahip bileşiğin gerçek formülü aşağıdakilerden hangisi olamaz?

A) CH_3COOH B) $C_2H_2(OH)_2$

C) $CH_3–O–CH_3$ D) $C_6H_{12}O_6$

E) $C_3H_3(OH)_3$

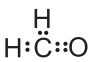
30. C, H ve O elementlerinden oluşan bir organik bileşiğin 0,3 molü yakılınca 0,6 mol CO_2, 0,9 mol H_2O oluşmakta ve 0,9 mol O_2 harcanmaktadır. **Bu organik bileşiğin basit formülü aşağıdakilerden hangisidir?**

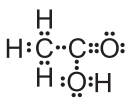
A) $C_3H_6O_2$
B) C_2H_6
C) C_3H_6O
D) C_2H_6O
E) $C_2H_6O_2$

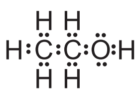
31. Aşağıdaki bilgilerden hangisi elmas ve grafit için doğrudur?

A) Karbon atomları altıgen halkalar şeklinde dizilmiştir.
B) Karbonun allotropudur.
C) Bileşiktir.
D) Elektriği iletir.
E) Çok serttir.

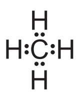
32. Aşağıdaki bileşiklerden hangisinin Lewis formülü yanlış yazılmıştır?
($_1$H, $_6$C, $_8$O)

A) 

B) 

C) 

D) 

E) 

33. Aşağıdaki bileşiklerden hangisinin VSEPR formülü yanlış verilmiştir?
($_7$N, $_8$O, $_6$C, $_4$Be, $_1$H)

Bileşik	VSEPR gösterimi
A) H_2O	AX_2E_2
B) BeH_2	AX_2
C) C_2H_4	AX_4
D) NH_3	AX_3E
E) CO_2	AX_2

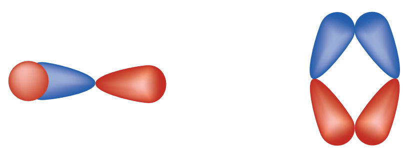
34. $CH_3-C\equiv C-CH=C=CH-CH_3$
bileşiğindeki sigma ve pi bağlarının sayısı hangi seçenekte doğru verilmiştir?

	Sigma bağı sayısı	Pi bağı sayısı
A)	6	3
B)	6	4
C)	14	3
D)	14	4
E)	15	4

35. Aşağıdaki bileşiklerden hangisinin molekül formülüyle basit formülü aynı değildir?

A) C_5H_{12}
B) CH_3COOH
C) C_2H_5OH
D) C_3H_8
E) $C_3H_6O_2$

36. C atomuna ait bağ oluşum şekli ve bağ sayısı aşağıda verilen organik bileşikle ilgili



3 tane sigma   1 tane pi

I. C atomu sp^2 hibritleşmesi yapmıştır.
II. Bağ açısı $109{,}5^\circ$'dir.
III. Düzlem üçgen geometrisine sahiptir.

yargılarından hangileri doğrudur?

A) Yalnız I
B) Yalnız II
C) Yalnız III
D) I ve II
E) I ve III

37. Bir organik bileşiğin 8,8 g'ı yandığında 22 g CO_2 ve 10,8 g H_2O oluşmaktadır. **Bu bileşiğin basit formülü aşağıdakilerden hangisidir?**

(H: 1, C: 12, O: 16)

A) CH_2
B) C_5H_{12}
C) CH_2O
D) C_4H_9O
E) $C_5H_{12}O$

38. Karbonun allotroplarıyla ilgili,

I. Elmas, en sert doğal maddedir.

II. Nanotüpler, karbonunun grafit allotropundan elde edilir.

III. Fullerenler karbonun doğal allotropudur.

yargılarından hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II D) I ve III E) I, II ve III

39. Aşağıda elektron dağılımı verilen atomlardan hangisi $_{17}Cl$ ile kırık doğru geometriye sahip molekül oluşturur?

A) $1s^2 2s^2$

B) $1s^2$

C) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$

D) $1s^2 2s^2 2p^2$

E) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$

40. Organik bir bileşiğin 1 molünün yanması için 22,5 mol hava gerekmektedir. Yanma sonucunda 3 mol CO_2 ve 4 mol H_2O oluşmaktadır. **Bu bileşiğin molekül formülü aşağıdakilerden hangisidir?**

(Havanın $\frac{1}{5}$ i oksijendir.)

A) C_3H_8

B) C_3H_8O

C) C_2H_6O

D) C_2H_6

E) $C_3H_8O_2$

41. Bir hidrokarbonun 0,5 molü yakıldığında normal koşullarda 44,8 L CO_2 ve 2,5 mol H_2O oluşmaktadır.

Buna göre bileşiğin molekül formülü aşağıdakilerden hangisidir?

(H: 1, C: 12, O: 16)

A) CH_4

B C_2H_6

C) C_3H_8

D) C_4H_{10}

E) C_5H_{10}

42. $_5B$ ile $_9F$ atomları arasında oluşan bileşikle ilgili,

I. Bağlayıcı elektron sayısı 6'dır.

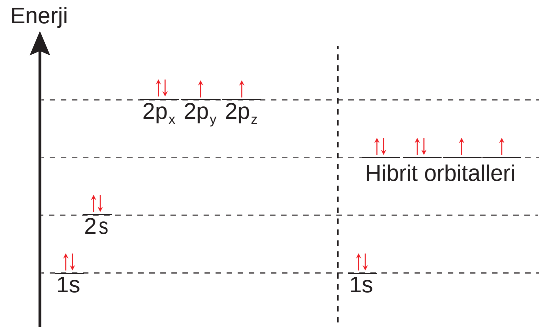
II. 9 çift ortaklanmamış elektron içerir.

III. Merkez atomu sp^3 hibritleşmesi yapmıştır.

yargılarından hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) I ve II E) II ve III

43. Hibrit orbital oluşturan nötr X atomunun enerji değişimini gösteren grafik aşağıda verilmiştir.



Bu grafiğe göre aşağıdakilerden hangisi <u>yanlıştır</u>?

A) X'in atom numarası 8'dir.

B) X atomu sp^3 hibritleşmesi yapmıştır.

C) X'in $_1H$ ile yapacağı bileşiğin molekül geometrisi açısaldır.

D) H_2X bileşiğinde bağ yapımına katılmayan elektron çifti yoktur.

E) H_2X taneciği polardır.

44. Grafit ile ilgili,

I. Karbonun doğal allotropudur.

II. Tabakaları arasındaki bağlar zayıftır.

III. Karbon atomları düzgün dört yüzlü yapı oluşturur.

yargılarından hangileri yanlıştır?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) I ve II E) II ve III

45. VSEPR gösterimi AX_3E olan molekül ile ilgili aşağıdakilerden hangisi yanlıştır?

A) Merkez atom 5A grubundadır.

B) Merkez atom sp^3 hibritleşmesi yapmıştır.

C) Bağ açısı 120^odir.

D) 3 çift bağlayıcı elektron içerir.

E) Molekül geometrisi üçgen piramittir.

46. XY_3 molekülü su ile heterojen karışım oluşturduğuna göre

I. Merkez atomun değerlik elektron sayısı 3'tür.

II. Molekülde bağ açısı 120^odir.

III. Merkez atomun hibritleşme türü sp^3tür.

yargılarından hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) I ve II E) II ve III

47. H–C ≡ C–Cl molekülüyle ilgili,

I. C atomlarının hibritleşme türü sp'dir.

II. C atomunun sp hibrit orbitaliyle klor atomunun p orbitalleri uç uca örtüşerek sigma bağı yapmıştır.

III. Molekülde 5 çift bağlayıcı elektron bulunur.

yargılarından hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) I ve II C) I ve III D) II ve III E) I, II ve III

48. $_6X$ ile $_{17}Y$ atomları arasında oluşan bileşikle ilgili aşağıdaki yargılardan hangisi yanlıştır?

A) Bileşiğin formülü XY_4tür.

B) Merkez atom sp^3 hibritleşmesi yapmıştır.

C) 4 çift bağlayıcı elektron içerir.

D) 12 tane ortaklanmamış elektron içerir.

E) Bağ açışı $109,5^o$dir.

49. Eşit kütledeki elmas ve grafitle ilgili,

I. İçerdikleri karbon atomu sayıları aynıdır.

II. Elektrik iletkenlikleri aynıdır.

III. Grafitin erime sıcaklığı elmasın erime sıcaklığından yüksektir.

yargılarından hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) I ve II C) I ve III D) II ve III E) I, II ve III

50. Karbon atomları arasında tekli, ikili ve üçlü bağ oluşabilmektedir. **Karbon atomları arasındaki bağı oluşturan hibrit orbitallerin s karakteri arttıkça,**

I. Bağ enerjisi artar.

II. Bağ sağlamlığı artar.

III. Bağ uzunluğu artar.

yargılarından hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) I ve II E) II ve III

51. Bileşiklerin genel özelliklerinden bazıları aşağıda verilmiştir:

I. Kovalent bağ içerir.

II. Erime ve kaynama noktası yüksektir.

III. Ana kaynağı canlılardır.

Yukarıdaki yargılardan hangileri CH_4 için doğru iken KF için yanlıştır?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) I ve III E) II ve III

52. Temel hâldeki elektron dizilişi $1s^2 2s^2 2p^4$ şeklinde olan X atomuyla ilgili,

I. H atomuyla AX_2E_2 VSEPR gösterimine sahip molekül oluşturur.

II. Bileşiklerinde sp^2 hibritleşmesi yapar.

III. $_9F$ ile yaptığı molekülün Lewis gösterimi



şeklindedir.

yargılarından hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) I ve II C) I ve III D) II ve III E) I, II ve III

53. **$_6C$ ve $_8O$ atomları arasında oluşan CO_2 molekülüyle ilgili,**

I. C atomu sp^2 hibritleşmesi yapmıştır.

II. Bağ açısı 180°dir.

III. VSEPR gösterimi AX_2dir.

yargılarından hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) I ve II E) II ve III

54. Merkez atomu periyodik cetvelin ikinci periyodunda bulunan moleküllerin VSEPR gösterimleri aşağıda verilmiştir:

I. AX_3E

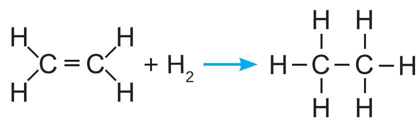
II. AX_3

III. AX_4

Bu moleküllerin bağ açıları arasındaki ilişki aşağıdakilerden hangisinde doğru verilmiştir?

A) I > II >III B) II > I > III C) II > III > I D) I > III > II E) III > II > I

55.



tepkimesiyle ilgili,

I. sp^2 hibrit orbitalleri sp^3 hibrit orbitallerine dönüşmüştür.

II. H–C–H bağ açısı artmıştır.

III. Sigma bağ sayısı artmıştır.

yargılarından hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) I ve III E) II ve III

3. ÜNİTE

ORGANİK BİLEŞİKLER



Üniteye Başlarken

- Araçlarda benzin, motorin ve LPG'ye alternatif olarak kullanılabilecek yakıtlar neler olabilir?
- Aynı kapalı formüle sahip farklı özellikler gösteren organik bileşikler var mıdır?
- Günlük hayatta karşılaştığınız doymuş yağlar ile doymamış yağlar arasında ne gibi farklar vardır?

Bu bölümde organik bileşiklerin sınıflarını, özelliklerini, reaksiyonlarını ve kullanım alanlarını öğreneceksiniz.

1. BÖLÜM
HİDROKARBONLAR

Konular

3.1.1. Hidrokarbonların Sınıflandırılması
3.1.2. Alkanlar (Parafinler)
3.1.3. Alkenler (Olefinler)
3.1.4. Alkinler (Asetilen Sınıfı Bileşikler)
3.1.5. Aromatik Bileşikler (Arenler)

Anahtar Kavramlar

- Hidrokarbon
- Alifatik bileşik
- Alkan, alken, alkin
- Alkil halojenür
- Aromatik bileşik
- Zincir yapılı bileşikler
- Halkalı yapılar
- İzomerlik
- Yapısal izomerlik

Hidrokarbon denilince akla gelen ilk şey yakıtlardır. Çünkü araçlarda kullanılan benzin, motorin ve LPG; evlerde kullanılan doğal gaz, kömür, tüp gaz ve fuel oil gibi yakıtların hepsi birer hidrokarbon karışımıdır. İnsanoğlunun temel enerji kaynağı olan hidrokarbonların ana kaynağı ise petrol, kömür ve doğal gazdır.

Bu bölümde hidrokarbonları, fiziksel ve kimyasal özelliklerini ve yapılarına göre sınıflandırılmasını öğreneceksiniz.

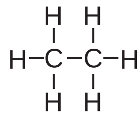


3.1.1. Hidrokarbonların Sınıflandırılması

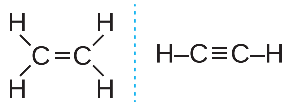
Organik bileşiklerin yapısında temelde C ve H atomları bulunmaktadır. Yapısında sadece C ve H atomu bulunduran organik bileşiklere **hidrokarbon** denir. CH_4, C_2H_2, C_2H_6, C_3H_6, C_6H_6 bileşikleri hidrokarbonlara birer örnektir. Organik bileşiklerde C ve H atomlarının yanı sıra O, N, S, F, Cl, Br vb. atomlar da bulunabilir. Yapısında bu atomlardan en az birini bulunduran organik bileşiklere ise **heteroatomlu bileşik** denir. HCOOH, CH_3OH, CH_3Cl, $C_2H_4O_2$, CH_3CHO, CH_3NH_2 bileşikleri heteroatomlu bileşiklere birer örnektir.

Hidrokarbonlar; alifatik ve aromatik olmak üzere ikiye ayrılır. Alifatik hidrokarbonlar ise doymuş ve doymamış olmak üzere ikiye ayrılır.

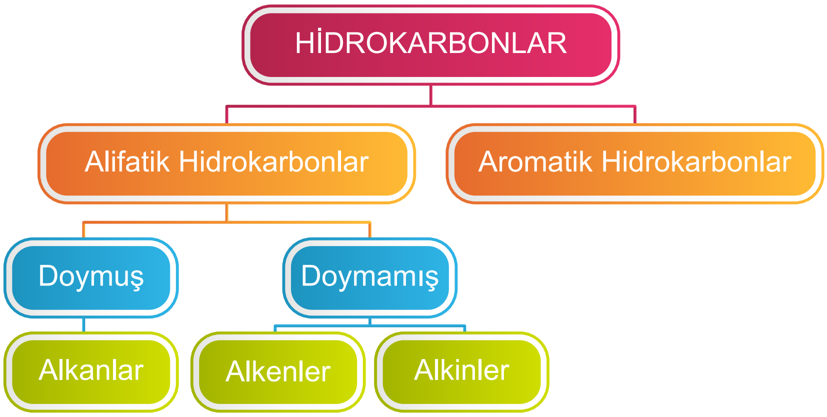
Yapısında pi bağı bulundurmayan hidrokarbonlara **doymuş hidrokarbon**, yapısında pi bağı bulunduran hidrokarbonlara ise **doymamış hidrokarbon** denir. Hidrokarbonların sınıflandırılması aşağıda gösterilmiştir (Şekil 3.1).



Doymuş Hidrokarbon



Doymamış Hidrokarbonlar



Şekil 3.1: Hidrokarbonların sınıflandırılması

3.1.2. Alkanlar (Parafinler)

Yapısında sadece tekli bağ bulunduran hidrokarbonlara **alkan** denir. Tepkimeye girme istekleri az olduğundan alkanlara Latince "etkinliği az" anlamında **parafin** de (Görsel 3.1) denilmektedir. Alkanlar düz zincirli, dallanmış ve halkalı yapıda olabilir. Alkanların yapısındaki bütün bağlar sigma bağıdır ve yapısındaki bütün karbon atomları sp^3 hibritleşmesi yapmıştır. Düz zincirli alkanlarda hidrojen atomlarının sayısı karbon atomlarının sayısının 2 katından 2 fazladır. Karbon sayısı "n" ile gösterilirse alkanların genel formülleri C_nH_{2n+2} olup bağ açısı 109,5°dir. VSEPR gösterimi AX_4tür ve düzgün dört yüzlü geometriye sahiptir. Halkalı alkanlarda ise halkadan dolayı iki tane hidrojen atomu eksilir ve genel formül C_nH_{2n} şeklinde olur. Eşit karbon sayılı hidrokarbonlar içerisinde hidrojen atom sayısı en fazla olan hidrokarbonlar alkanlardır.



Görsel 3.1: Parafinden yapılmış mumlar

Bilgi Kutusu

IUPAC
International Union of Pure and Applied Chemistry

IUPAC, 1919 yılında kimya alanında uluslararası standardizasyonu sağlamak için kurulmuştur.

Alkanların Adlandırılması

Organik bileşiklerin adlandırılması International Union of Pure and Applied Chemistry (Uluslararası Kuramsal ve Uygulamalı Kimya Birliği) kurallarına göre yapılır. Kısa adı IUPAC olan bu kurumun organik

Tablo 3.1: IUPAC'ın Kabul Ettiği Bazı Sayılar ve Latince Okunuşları

Sayı	Latince Okunuşu
1	Mono
2	Di
3	Tri
4	Tetra
5	Penta
6	Hekza
7	Hepta
8	Okta
9	Nona
10	Deka

bileşiklerin adlandırılması için kabul ettiği bazı sayılar ve bu sayıların Latince okunuşları yandaki tabloda gösterilmiştir (Tablo 3.1).

Alkanların genel formülündeki n yerine 1 yazıldığında

$C_1H_{(2\cdot1)+2} = CH_4$ formülüne sahip metanın molekül formülü bulunur.

n yerine 2 yazıldığında

$C_2H_{(2\cdot2)+2} = C_2H_6$ formülüne sahip etanın molekül formülü bulunur.

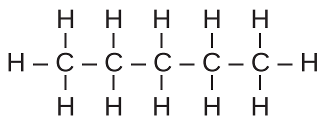
n yerine 3 yazıldığında

$C_3H_{(2\cdot3)+2} = C_3H_8$ formülüne sahip propanın molekül formülü bulunur.

Bir moleküldeki bütün bağların açık şekilde yazıldığı formüle **yapı formülü (açık formül)** denir. Karbonlar ile hidrojenler arasındaki bağların gösterilmediği yapı formülüne **yarı açık formül** denir. Karbonlara bağlı grupların karbon atomundan sonra yazıldığı, aralarındaki bağların gösterilmediği formüle **sıkıştırılmış yapı formülü** denir.

C_5H_{12}

Molekül Formülü



Yapı Formülü (Açık Formül)

$CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–CH_3$

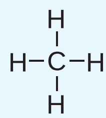
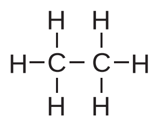
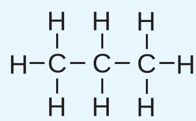
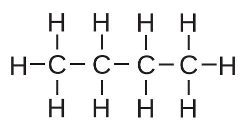
Yapı Formülü (Yarı Açık Formül)

$CH_3(CH_2)_3CH_3$

Sıkıştırılmış Yapı Formülü

Düz zincirli alkanların ilk 4 üyesinin adı IUPAC tarafından özel olarak belirlenmiştir. Bu alkanlar aşağıda gösterilmiştir (Tablo 3.2).

Tablo 3.2: Düz Zincirli Alkanların İlk 4 Üyesinin Adı ve Formülleri

Karbon Sayısı	Alkanın Adı	Molekül Formülü	Yapı Formülü	Yarı Açık Formülü
1	Metan	CH_4		CH_4
2	Etan	C_2H_6		$CH_3–CH_3$
3	Propan	C_3H_8		$CH_3–CH_2–CH_3$
4	Bütan	C_4H_{10}		$CH_3–CH_2–CH_2–CH_3$

İlk dört üyeden sonraki alkanların adlandırılması IUPAC tarafından kabul edilen eklere göre yapılır. Alkan kaç karbonlu ise o karbon sayısını ifade eden ön ekin sonuna alk**an** sözcüğündeki **-an** eki getirilerek adlandırma yapılır. Örneğin 5 karbonlu alkan, 5 ekini ifade eden penta ve alkan adından gelen **-an** eki birleştirilerek **pentan** şeklinde adlandırılır. 5'ten 10'a kadar olan düz zincirli alkanların molekül formülleri ve adları yandaki tabloda gösterilmiştir (Tablo 3.3).

Tablo 3.3: Karbon Sayısı 5'ten 10'a Kadar Olan Düz Zincirli Alkanların Formülleri ve Adları

Karbon Sayısı	Formül	Adı
5	C_5H_{12}	Pentan
6	C_6H_{14}	Hekzan
7	C_7H_{16}	Heptan
8	C_8H_{18}	Oktan
9	C_9H_{20}	Nonan
10	$C_{10}H_{22}$	Dekan

Alkanlardan bir hidrojen eksilmesi ile oluşan radikal gruplara **alkil** denir ve R– şeklinde gösterilir. Alkiller türedikleri alkana göre adlandırılır. Alkil hangi alkandan türemişse o alkanın adının sonundaki **-an** eki yerine **-il** eki getirilir. Örneğin metan (CH_4) bileşiğinden bir hidrojen eksilmesiyle oluşan alkil grubu ($-CH_3$), metan adının sonundaki **-an** eki yerine **-il** eki getirilerek **metil** şeklinde okunur. Düz zincirli alkillerin ilk 5 üyesinin adları aşağıda gösterilmiştir (Tablo 3.4).

Tablo 3.4: Düz Zincirli Alkillerin İlk 5 Üyesi

Formül	Yarı Açık Formülü	Adı
$-CH_3$	$-CH_3$	Metil
$-C_2H_5$	$-CH_2-CH_3$	Etil
$-C_3H_7$	$-CH_2-CH_2-CH_3$	Propil
$-C_4H_9$	$-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$	Bütil
$-C_5H_{11}$	$-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$	Pentil

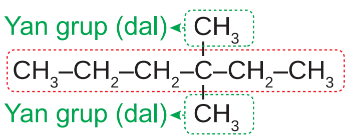
Düz zincirli alkanlar adlandırılırken herhangi bir dallanma olmadığını belirtmek için alkanın adının önüne **n-** (normal) eki getirilir.

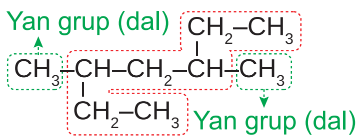
$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$
n-Bütan

$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$
n-Pentan

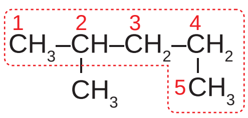
Dallanmış alkanların adlandırılması aşağıdaki kurallara göre yapılır:

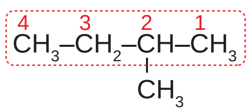
1. Moleküldeki en uzun karbon zinciri seçilir. Seçilen bu zincire **ana zincir** denir. Ana zincir dışında kalan gruplara **yan grup** ya da **dal** denir.



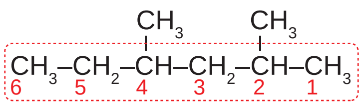


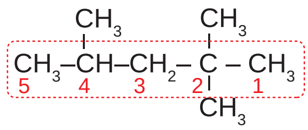
2. Ana zincirdeki karbon atomlarına numara verilir. Numaralandırma yan gruba en yakın uçtan başlanarak yapılır.

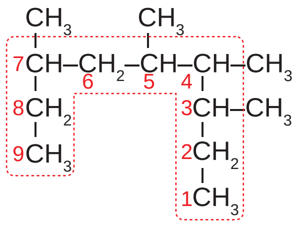


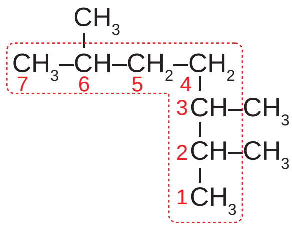


3. Ana zincirde birden fazla yan grup varsa iki uçtan başlanıldığı zaman karşılaşılan ilk yan gruba bakılır. İlk yan gruplar ana zincirin uçlarına eşit mesafede ise ikincilere, onlar da eşitse diğerlerine bakılır.

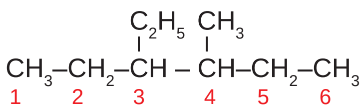






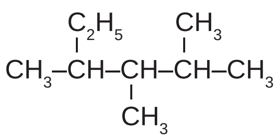


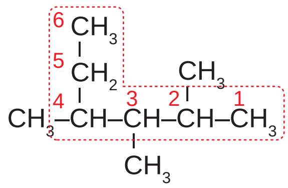
4. Her iki uçtan başlanıldığı zaman yan grupların bağlı olduğu karbonlar aynı numarayı alıyorsa numaralandırma işlemi yan grupların alfabetik önceliğine göre yapılır. Alfabetik önceliği olan grubun ana zincirde bağlı olduğu karbon atomu daha küçük numarayı alacak şekilde numaralandırma yapılır. Alfabetik önceliğe bakılırken yan grupların isimleri dikkate alınır. **di-**, **tri-** ve **sekonder-** gibi ekler alfabetik sırada dikkate alınmazken **izo-** ve **neo-** ekleri alfabetik sırada dikkate alınır.



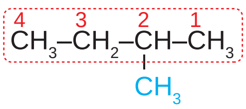
Yukarıdaki örnekte yan gruplar ana zincirin iki ucuna da eşit uzaklıktadır. Ancak alfabetik olarak etil, metilden önce geldiğinden numaralandırma işlemi etil tarafından başlanarak yapılmıştır.

5. Verilen bileşikte ana zincir bulunurken bütün karbon atomları açık şekilde yazılır.

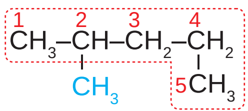




6. Bileşiğin adı yazılırken önce yan grupların ana zincirde bağlı oldukları karbon atomunun numarası, sonra yan grubun adı yazılır. Numaralarla kelimeler kısa çizgi (-) ile ayrılır. Daha sonra boşluk bırakılmadan ana zincirdeki karbon sayısına karşılık gelen alkanın adı yazılır.

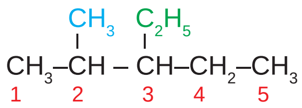


2-Metilbütan



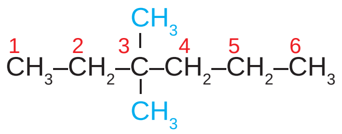
2-Metilpentan

7. Bileşikte birden fazla yan grup varsa yazma işlemi yan grup numarasına bakılmaksızın alfabetik sıraya göre yapılır.

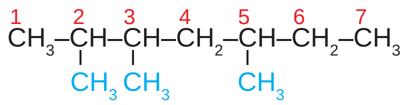


3-Etil-2-metilpentan

8. Bileşikte aynı yan gruptan birden fazla varsa her yan grubun bağlı olduğu karbonların numaraları aralarına virgül koyularak ayrı ayrı yazılır ve kaç tane olduğu yan grubun adından önce Latince **di-**, **tri-**, **tetra-** gibi sayı belirten eklerden biriyle belirtilir.

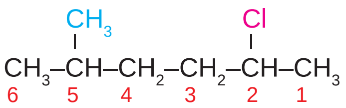


3,3-Dimetilhekzan

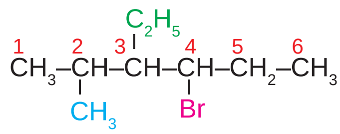


2,3,5-Trimetilheptan

9. Alkanlara halojen (F, Cl, Br, I) bağlanması ile oluşan bileşiklere **haloalkan** denir. Haloalkanların adlandırılması dallanmış alkanlardaki kurallara göre yapılır.



2-Kloro-5-metilhekzan

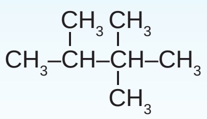


4-Bromo-3-etil-2-metilhekzan

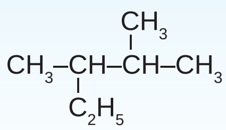
1. Alıştırma

Aşağıdaki bileşikleri IUPAC kurallarına göre adlandırınız.

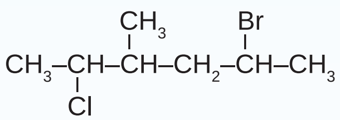
a)



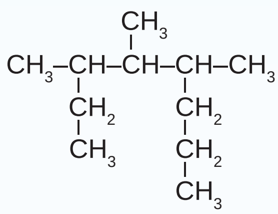
b)



c)



ç)



Cevaplar

Örnek

2,4-Dimetil pentan bileşiğinin yarı açık formülünü yazınız.

Çözüm

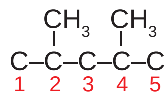
Organik bileşiklerin formülleri yazılırken önce ana zincirdeki C atomları yazılır. Pentan bileşiğinde ana zincirde 5 tane C atomu bulunur.

C–C–C–C–C

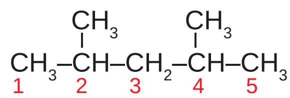
Ana zincirdeki C atomları istenilen uçtan başlanarak numaralandırılır.

C–C–C–C–C
1 2 3 4 5

2. ve 4. C atomlarına metil (CH_3–) grupları bağlanır.



Ana zincirdeki C atomları 4 bağ yapacak şekilde H atomları C atomlarına bağlanır. Bileşiğin formülü



şeklinde bulunur.

2. Alıştırma

Aşağıda IUPAC kurallarına göre isimleri verilen bileşiklerin formüllerini yazınız.

a) 2,3-Dimetil pentan
b) 2,2-Dibromo-4-metil hekzan
c) 4-Bromo-2-metil heptan
ç) 4,5-Dietil-2-metil oktan

Cevaplar

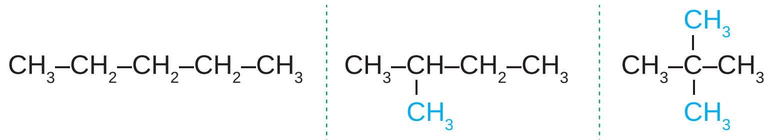
Alkanların Özel (Yaygın) Adlandırılması

Ana zincirde herhangi bir dallanma yoksa ana zincirin adının başına **n-** getirilir. Bu tür alkanlara **normal alkan** denir.

Ana zincirin 2. karbonuna 1 tane metil grubu bağlı hidrokarbonlar, alkanın adının önüne **izo-** eki getirilerek adlandırılır.

Ana zincirin 2. karbonuna 2 tane metil grubu bağlı hidrokarbonlar, alkanın adının önüne **neo-** eki getirilerek adlandırılır.

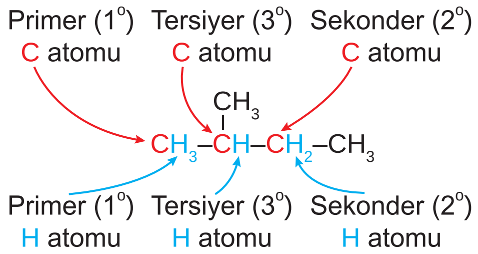
Alkanların özel adlandırılmaları yapılırken **n-**, **izo-** ve **neo-** ön eklerinden sonra moleküldeki toplam karbon sayısına karşılık gelen alkanın adı yazılır.



n-Pentan — İzopentan — Neopentan

Alkillerin, alkanlardan bir hidrojen atomunun eksilmesiyle oluştuğu yukarıda belirtilmişti. Alkillerin ilk beş üyesinin adı Tablo 3.4'te verilmiştir. Karbon sayısı 1 ve 2 olan alkanlardan hidrojen koparılması sadece bir şekilde gerçekleşir. Bu nedenle 1 ve 2 karbonlu alkillerin tek bir şekli vardır: $-CH_3$ (metil) ve $-CH_2-CH_3$ (etil).

Karbon atomuna sadece başka bir karbon atomu bağlıysa karbon atomuna **primer (birincil) karbon atomu**, karbon atomuna iki ayrı karbon atomu bağlıysa karbon atomuna **sekonder (ikincil) karbon atomu**, karbon atomuna üç ayrı karbon atomu bağlıysa karbon atomuna **tersiyer (üçüncül) karbon atomu** denir.



Bir alkanın hidrojen atomları, bağlı oldukları karbon atomları esas alınarak sınıflandırılır. Birincil karbon atomuna bağlı hidrojen atomu birincil (1°) hidrojen atomudur. İkincil karbon atomuna bağlı hidrojen ikincil (2°) hidrojen atomu ve üçüncül karbon atomuna bağlı hidrojen ise üçüncül (3°) hidrojen atomudur.

Karbon sayısı 3 ve daha fazla olan alkanlardan hidrojen eksilmesi birden fazla şekilde gerçekleşebilir. Ayrılan hidrojenin türüne göre alkil grupları primer, sekonder ve tersiyer olarak sınıflandırılır.

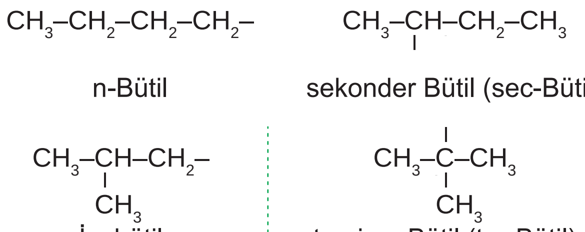
Primer karbon atomundan hidrojen eksilirse primer alkil, sekonder karbon atomundan hidrojen eksilirse sekonder alkil ve tersiyer karbon atomundan hidrojen eksilirse tersiyer alkil grupları oluşur.

C_3H_8 (propan) bileşiğinin yaygın alkil türevleri aşağıda verilmiştir.



n-Propil (primer Propil) — İzopropil (sekonder Propil)

C_4H_{10} (bütan) bileşiğinin yaygın alkil türevleri aşağıda verilmiştir.



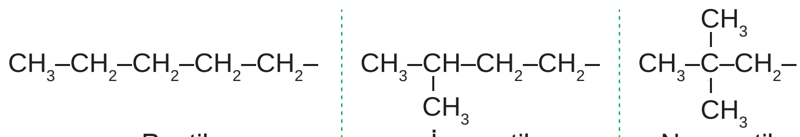
n-Bütil

sekonder Bütil (sec-Bütil)

İzobütil

tersiyer Bütil (ter-Bütil)

C_5H_{12} (pentan) bileşiğinin yaygın olarak kullanılan bazı alkil türevleri aşağıda verilmiştir.



n-Pentil

İzopentil

Neopentil

Halkalı Alkanlar (Sikloalkan)

Karbon atomlarının halka oluşturacak şekilde dizilmesiyle oluşan alkanlara **halkalı alkanlar (sikloalkan)** denir.

Halkalı alkanların karbonları arasındaki bağ sayısı, aynı karbon sayılı düz zincirli alkanlardan fazla, hidrojen sayısı ise azdır. Örneğin propan ve siklopropan molekülleri incelenirse



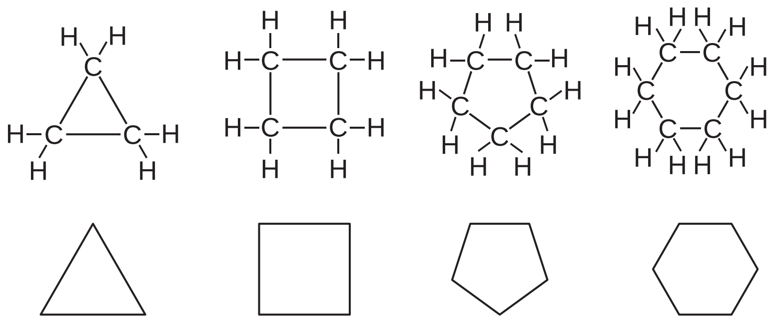
Propan	Siklopropan
Karbon atomları arasında 2 tane sigma bağı, toplamda ise 8 tane hidrojen atomu bulunur.	Karbon atomları arasında 3 tane sigma bağı, toplamda ise 6 tane hidrojen atomu bulunur.

Halkalı alkanların genel formülü C_nH_{2n} şeklindedir. Karbonların halka oluşturabilmesi için sayılarının en az 3 olması gerekir. Bu nedenle sikloalkanların ilk üyesi 3 karbonlu siklopropandır (Görsel 3.2).



Görsel 3.2: Siklopropan ile anestezi

Halkalı alkanların adlandırılması, aynı karbon sayılı düz zincirli alkanın adına **siklo-** ön eki getirilerek yapılır.

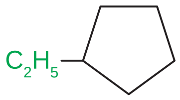


Siklopropan | Siklobütan | Siklopentan | Siklohekzan

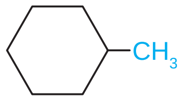
Bilgi Kutusu

Renksiz, suda çözünmeyen bir gaz olan siklopropan cerrahide anestezik olarak kullanılmaktadır.

Sikloalkanlara sadece bir grup bağlı ise grubun yerinin belirtilmesine gerek yoktur. Çünkü grubun bağlı olduğu karbon atomu numaralandırmada 1 numarayı alır.

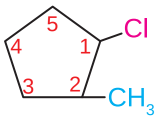


Etilsiklopentan

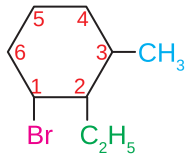


Metilsiklohekzan

Sikloalkanlara birden fazla grup bağlıysa alfabetik sıra dikkate alınarak gruplar en küçük sayıları alacak şekilde numaralandırılır.



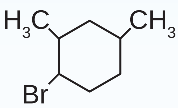
1-Kloro-2-metilsiklopentan

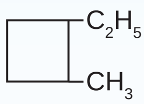


1-Bromo-2-etil-3-metilsiklohekzan

3. Alıştırma

Aşağıdaki bileşikleri IUPAC kurallarına göre adlandırınız.

a) 

b) 

Cevaplar

Alkanların Özellikleri

Alkanlar apolar yapıdadır. Apolar yapılı moleküller arasında London kuvvetleri etkindir. Molekülün büyüklüğü ve temas yüzeyi arttıkça London kuvvetleri artar. Karbon sayısı arttıkça alkanların kaynama noktası (KN) yükselir. Alkanlarda dallanmanın artması temas yüzeyini azaltacağından kaynama noktasını düşürür.

Alkanların ilk 4 üyesi standart şartlarda gaz, karbon sayısı 5'ten 17'ye kadar olan alkanlar standart şartlarda sıvı, karbon sayısı 17'den fazla olan alkanlar ise standart şartlarda katı hâldedir.

Alkanlar apolar yapıda oldukları için suda çözünmez. Ancak karbontetraklorür ve benzen gibi apolar çözücülerde çözünür.

İki molekül arasında CH_2 kadar fark olması durumuna **homolog sıra** denir. Alkanlarda karbon sayısı ardışık iki molekül arasında CH_2 kadar fark olduğundan alkanlar homolog sıra oluşturur. Örneğin CH_4 (metan) ile C_2H_6 (etan) molekülleri arasında CH_2 kadar fark vardır. Bu nedenle metan ile etan molekülleri birbirinin homologudur.

$CH_3–CH(CH_3)–CH_2–CH_3$

İzopentan
(KN: 28 °C)

$CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–CH_3$

n-Pentan
(KN: 36 °C)

$CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_3$

n-Hekzan
(KN: 68 °C)

Bilgi Kutusu

Çakmak gazının yanlış kullanılması durumunda bağımlılık yaptığı unutulmamalıdır. Vücuda birçok zararı bulunan bu gaz; başta beyin, akciğer ve karaciğer olmak üzere birçok organda tamir edilemez hasara, hatta ölüme varan sonuçlara neden olmaktadır.

Madde bağımlıları gündelik hayatlarını devam ettiremez, sosyal ilişkileri bozulduğundan yalnızlaşır.

Bu tür maddelerin amaçları dışında kullanılması ciddi sağlık sorunlarına neden olur.



Görsel 3.3: Benzin



Görsel 3.4: Yolun asfaltlanması



Görsel 3.5: Alkanların ana kaynaklarından olan kömürün yanması

Alkanlar, yapılarında sadece sigma bağı bulundurduğundan kararlı bir yapıya sahiptir. Yer değiştirme (sübstitüsyon) ve yanma tepkimeleri verir.

Alkanların Kullanım Alanları

Günümüzde daha çok yakıt olarak kullanılan alkanların ana kaynağı; petrol, kömür ve doğal gaz gibi fosil yakıtlardır.

Alkanlar genellikle ham petrolün rafinerilerde damıtılmasıyla elde edilir.

Petrolün rafinerilerde damıtılmasıyla elde edilen ürünler aşağıda gösterilmiştir (Tablo 3.5).

Tablo 3.5: Petrolün Rafinerilerde Damıtılmasıyla Elde Edilen Ürünler

Karbon Sayısı	Elde Edilen Ürün
C_1-C_4	Doğal gaz, tüp gaz, çakmak gaz, petrokimyasallar
C_5-C_6	Petrol eteri, çözücüler
C_6-C_7	Ligroin, çözücüler
C_5-C_{10}	Benzin (Görsel 3.3)
C_{12}-C_{18}	Kerosen ve jet yakıtı
C_{12} ve daha fazlası	Gaz yağı, akaryakıt ve mazot
C_{20} ve daha fazlası (uçucu olmayan sıvılar)	Rafine mineral yağ, yağlama yağı, gres, mum, katran ve asfalt (Görsel 3.4)

Alkanlar çözücü olarak da yaygın şekilde kullanılır. Bir alkan bileşiği olan hekzan çok iyi bir çözücüdür. Bu nedenle laboratuvarlarda ve sanayide organik maddelerin çözünmesinde ve boyaların inceltilmesinde kullanılır.

Alkanların Kimyasal Tepkimeleri

Yanma Tepkimeleri

Alkanlar yandıklarında CO_2, H_2O oluşur. Genellikle yakıt olarak kullanılan alkanların karbon sayıları artıkça yanma sonucu açığa çıkan ısı miktarı artar (Görsel 3.5).

Alkanların genel yanma tepkimeleri aşağıdaki gibidir.

$$C_nH_{2n+2} + (\frac{3n+1}{2})O_2 \longrightarrow nCO_2 + (n+1)H_2O + \text{ısı}$$

$$CH_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g) \quad \Delta H: -890 \text{ kj/mol}$$

$$C_2H_6(g) + \frac{7}{2}O_2(g) \longrightarrow 2CO_2(g) + 3H_2O(g) \quad \Delta H: -1559 \text{ kj/mol}$$

$$C_3H_8(g) + 5O_2(g) \longrightarrow 3CO_2(g) + 4H_2O(g) \quad \Delta H: -2219 \text{ kj/mol}$$

Yer Değiştirme (Sübstitüsyon) Tepkimeleri

Alkanlar ultraviyole (UV) ışınları etkisiyle ya da yüksek sıcaklıklarda halojenlerle yer değiştirme tepkimesi verir. Bu tepkime sırasında alkanın yapısında bulunan H atomları yerine halojen atomları bağlanır. Bu tepkimeye en iyi örnek CH_4 ile Cl_2 arasında gerçekleşen tepkimedir. CH_4 gazı UV ışınlarının etkisiyle Cl_2 gazı ile yer değiştirme tepkimesi verir. Dört adımda gerçekleşen bu tepkimede CH_4 molekülündeki H atomları Cl atomları ile yer değiştirir.

$$CH_4(g) + Cl_2(g) \xrightarrow[\text{veya ısı}]{\text{Güneş ışığı (UV)}} CH_3Cl(g) + HCl(g)$$

Monoklorometan

$$CH_3Cl(g) + Cl_2(g) \xrightarrow[\text{veya ısı}]{\text{Güneş ışığı (UV)}} CH_2Cl_2(g) + HCl(g)$$

Diklorometan

$$CH_2Cl_2(g) + Cl_2(g) \xrightarrow[\text{veya ısı}]{\text{Güneş ışığı (UV)}} CHCl_3(g) + HCl(g)$$

Triklorometan (kloroform)

$$CHCl_3(g) + Cl_2(g) \xrightarrow[\text{veya ısı}]{\text{Güneş ışığı (UV)}} CCl_4(g) + HCl(g)$$

Tetraklorometan (karbon tetraklorür)

Net tepkime: $$CH_4(g) + 4Cl_2(g) \xrightarrow[\text{veya ısı}]{\text{Güneş ışığı (UV)}} CCl_4(g) + 4HCl(g)$$

Metanın klorla gerçekleştirdiği yer değiştirme tepkimesi sonucu elde edilen bazı bileşikler ve kullanım alanları şunlardır:

Metil Klorür (CH_3Cl): Renksiz ve zehirli bir gazdır. Kimya sanayisinde silikon polimerlerinin üretiminde kullanılır.

Dikloro Metan (CH_2Cl_2): Oda koşullarında toksik özellik gösterir ve suda az çözünür. Metal ve tekstil sanayisinde, kauçuk, fotoğraf filmi, sentetik lifler ve mürekkep üretiminde kullanılır.

Kloroform ($CHCl_3$): Oda şartlarında gaz hâlde bir bileşiktir. Bayıltıcı etkiye sahip olduğundan tıpta anestezik madde olarak kullanılmaktadır.

Karbon Tetraklorür (CCl_4): Oda şartlarında sıvı hâlde bir bileşiktir. Yanıcı olmadığından yangın söndürücü olarak, iyi bir çözücü olduğundan kuru temizleme işlemlerinde kullanılır. Ancak CCl_4 zehirli bir madde olduğundan günümüzde yangın söndürücü olarak kullanılmamaktadır.

4. Alıştırma

C_2H_6 ve C_3H_8 bileşiklerinin,

a) **Kaynama noktalarını kıyaslayarak sebebini açıklayınız.**

b) **Birer molleri yakıldığında açığa çıkan ısıları kıyaslayınız.**

Cevaplar

Bilgi Kutusu

Yüksek karbon sayılı alkanların katalizör eşliğinde yüksek sıcaklıklarda parçalanarak daha küçük karbon sayılı hidrokarbonlara dönüşmesine katalitik kraking, katalizörsüz gerçekleşen tepkimeye ise termal kraking denir.

$$C_8H_{18} \xrightarrow{\text{Kraking}} C_4H_{10} + C_4H_8$$

Organik Bileşiklerde İzomerlik

Organik bileşikleri oluşturan atomların sayısının fazla olması ve C atomunun fazla sayıda bağ yapabilme yeteneği, aynı cins atomların farklı bileşikler oluşturmasına imkân sağlar. Bu organik bileşikleri oluşturan atomların sayıları aynı olmasına rağmen farklı dizilişte bir araya geldikleri için farklı özelliklere sahip bileşikler oluşur. Kapalı formülleri aynı, açık formüleri farklı bu bileşiklere **izomer bileşikler** denir. Bileşiği oluşturan atomların dizilişlerinin farklı olması nedeniyle oluşan izomerliğe **yapısal izomerlik** denir. Yapı izomerlerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri farklıdır.

Alkanların ilk 3 üyesi olan CH_4, C_2H_6 ve C_3H_8 bileşiklerinin izomerleri olmadığından bu bileşikler sadece bir şekilde yazılabilir. Ancak C_4H_{10} (bütan) bileşiğinin 2 izomeri olduğundan bu bileşik iki farklı şekilde yazılabilir.

$CH_3–CH_2–CH_2–CH_3$

n-Bütan

$CH_3–CH–CH_3$ (2. C atomuna bağlı CH_3)

2-Metilpropan

Yukarıdaki iki bileşiğin de kapalı formülü aynıdır. Ancak açık formülleri farklı olduğundan bu iki bileşik farklı kimyasal özelliklere sahiptir ve birbirinin izomeridir.

Yapısal izomerlik dörde ayrılır. Bu bölümde üç yapısal izomerlik türü anlatılacak, dördüncü yapısal izomerlik türüne fonksiyonel gruplardan sonra yer verilecektir.

1. **Zincir-Dallanma İzomerliği:** Aynı karbon sayılı hidrokarbonlar, düz zincirli hâlde yazılabildiği gibi dallanmış olarak da yazılabilir. Bu şekilde oluşan izomerliğe **zincir-dallanma izomerliği** denir.

   C_5H_{12} (pentan) bileşiğinin izomer sayısı 3'tür.

   $CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–CH_3$

   n-Pentan

   $CH_3–CH–CH_2–CH_3$ (2. C atomuna bağlı CH_3)

   İzopentan (2-Metilbütan)

   $CH_3–C–CH_3$ (orta C atomuna bağlı iki CH_3, biri üstte biri altta)

   Neopentan (2,2-Dimetilpropan)

   Aşağıdaki moleküller aynı olduklarından birbirlerinin izomeri değildir.

   $\overset{1}{CH_3}–\overset{2}{CH}–\overset{3}{CH_2}–\overset{4}{CH_3}$ (2. C atomuna bağlı CH_3)

   2-Metilbütan

   ile

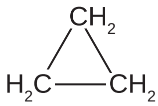
   $\overset{4}{CH_3}–\overset{3}{CH_2}–\overset{2}{CH}–\overset{1}{CH_3}$ (2. C atomuna bağlı CH_3)

   2-Metilbütan

   Hidrokarbonların karbon sayısı arttıkça izomer sayıları da artar.

2. **Zincir-Halka İzomerliği:** Kapalı formülleri aynı olan organik bileşikler halkalı ya da düz zincirli yazılabilir. Bu şekilde oluşan izomerliğe **zincir-halka izomerliği** denir.

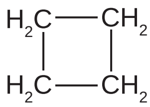
Karbon sayıları birbirine eşit olan sikloalkan ve alkenler birbirinin izomeridir. Örneğin halkalı yapıdaki siklopropan ile düz zincirli propen, C_3H_6 kapalı formülüne sahip iki bileşiktir. Bu iki bileşik birbirinin halka-zincir izomeridir.



$CH_2{=}CH{-}CH_3$

Siklopropan — Propen

Siklobütan ile 1-büten de birbirinin halka zincir izomeridir.



$CH_2{=}CH{-}CH_2{-}CH_3$

Siklobütan — 1-Büten

3. Konum İzomerliği: Aynı fonksiyonel grubun farklı karbon atomuna bağlanması ile oluşan izomerliğe **konum izomerliği** denir.

$CH_2{=}CH{-}CH_2{-}CH_3$ $\qquad$ $CH_3{-}CH{=}CH{-}CH_3$

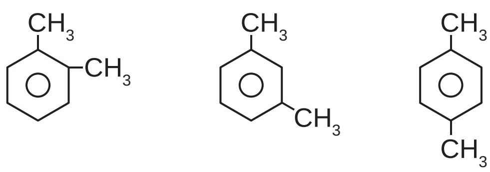
1-Büten ile 2-Büten konum izomeridir.

$CH{\equiv}C{-}CH_2{-}CH_3$ $\qquad$ $CH_3{-}C{\equiv}C{-}CH_3$

1-Bütin ile 2-Bütin konum izomeridir.

$CH_3{-}\underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{C}H}{-}CH_3$ $\qquad$ $CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}Cl$

İzopropil klorür ile n-Propil klorür konum izomeridir.



1,2-Dimetil benzen, 1,3-Dimetil benzen ve 1,4-Dimetil benzen konum izomerleridir.

5. Alıştırma

C_4H_9Br bileşiğinin kaç tane izomeri vardır? Açık formüllerini yazarak bu izomerleri gösteriniz.

Cevap

OKUMA PARÇASI

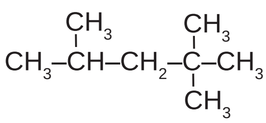
BENZİNDE OKTAN SAYISI



Benzin için kullanılan 95 oktan ya da 97 oktan ifadeleri hepinizin dikkatini çekmiştir. Oktan ne demektir ve benzinin kalitesini nasıl etkiler?

Oktan 8 karbonlu bir alkandır. Ancak benzin için kullanılan oktan ifadesi bu alkanı değil benzinin vuruntu kalitesini ifade eden bir değerdir. Benzinli motorlarda benzin ve havadan oluşan karışım yanma odalarında yanar, böylece kimyasal enerji hareket enerjisine dönüşür. Yanma odalarında benzin ve hava karışımı pistonlar tarafından sıkıştırıldığı için sıcaklığı artar. Sıkıştırılmaya ve bu sıcaklık artışına bağlı olarak benzin zamanından önce kendiliğinden ve gürültülü şekilde patlar. Buna vuruntu denir. Vuruntu motorun gürültülü çalışmasının yanı sıra enerji kaybına ve fazla yakıt tüketimine neden olduğundan istenmeyen bir durumdur. Oktan oranı yüksek benzinin kendiliğinden tutuşma eğilimi azdır ve düzgün (vuruntusuz) yanar. Oktan oranı düşük benzin yandığında motorda vuruntu yapar.

2,2,4-trimetilpentan bileşiği, vuruntusuz yandığı için benzinin oktan sayısını belirlemede standart değer olarak kullanılır. 2,2,4-trimetilpentan bileşiğinin oktan sayısı 100 olarak kabul edilmiştir. Heptan (C_7H_{16}) bileşiği ise yanma sırasında en fazla vuruntu yapan bileşiktir. Bu nedenle bu bileşiğin oktan sayısı 0 (sıfır) kabul edilmiştir. Benzinin oktan sayısı bu iki bileşiğin bulunma oranlarına göre belirlenir. Örneğin 95 oktan benzinde %95 oranında 2,2,4-trimetilpentan ve %5 oranında heptan vardır. 97 oktan benzinde ise %97 oranında 2,2,4-trimetilpentan ve %3 oranında heptan vardır.



2,2,4-Trimetilpentan

$$CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_3$$

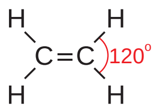
n-Heptan

Motor pistonlarının sıkıştırma gücü farklı olduğundan motorlar için kullanılması önerilen oktan sayısı farklıdır. Kullanılması önerilen oktan sayısı otomobillerin kullanma kılavuzlarında belirtilmektedir. Araçlar için önerilen oktan sayısını bilmek ve o oktan sayısını içeren benzin kullanmak hem araçların performansını olumlu yönde etkiler hem çevreye daha az zarar verir hem de yakıt tasarrufu sağlar.

(Kaynak: Korkmaz, S. (2008). *Buji ile ateşlemeli bir motorda farklı oktanlı yakıt kullanımının performans ve emisyonlara etkisi.* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi, Ankara. Yazarlar tarafından düzenlenmiştir.)

3.1.3. Alkenler (Olefinler)

Yapısında en az bir tane ikili bağ bulunduran hidrokarbonlara **alken (olefin)**, yapısında birden fazla ikili bağ bulunduran alkenlere **polialken** denir. Yapısında bir tane ikili bağ bulunan alkenlerin genel formülü C_nH_{2n} şeklindedir. Alkenler yapısında ikili bağ bulundurduğundan en az bir tane pi bağı içerir. Bu nedenle doymamış hidrokarbonlardır. Alkenlerin en basit üyesi, eten (etilen) olarak bilinen 2 karbonlu C_2H_4 bileşiğidir. Etenin yapısı incelendiğinde



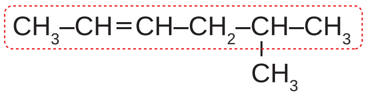
Eten

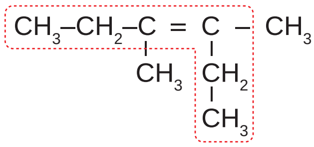
120^olik bağ açısına ve düzlem üçgen geometriye sahip olduğu görülür. Etenin VSEPR gösterimi AX_3tür ve karbon atomları sp^2 hibritleşmesi yapmıştır.

Alkenlerin Adlandırılması

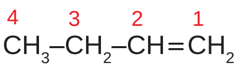
Alkenlerin adlandırılması IUPAC kurallarına göre aşağıdaki şekilde yapılır.

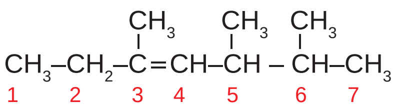
1. İkili bağ içeren en uzun karbon zinciri seçilir.



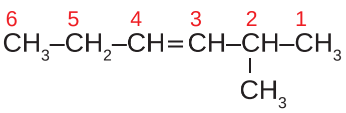


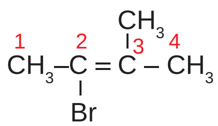
2. Ana zincire numara verme işlemi ikili bağa göre yapılır. İkili bağ hangi uca yakınsa numara verme işlemine o uçtan başlanır.



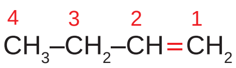


3. İkili bağ her iki uca eşit mesafede ise önce dallanma, sonra alfabetik önceliğe bakılır.

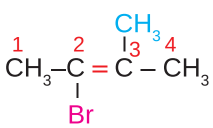




4. Bileşikteki yan grupları adlandırma işlemi alkanlardaki kurallara göre yapılır. Yan grupların adları yazıldıktan sonra ikili bağın bulunduğu karbonun numarası yazılır ve ana zincirdeki karbon sayısına eşit karbonlu alkanın adının sonundaki **–an** eki yerine **–en** eki getirilerek adlandırma yapılır.



1-Büten

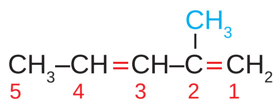


2-Bromo-3-metil-2-büten

5. 2 ve 3 karbonlu alkenlerde ikili bağın yerini belirtmeye gerek yoktur.

$CH_2=CH_2$	$CH_3-CH=CH_2$
Eten (etilen)	Propen (propilen)

6. Birden fazla ikili bağ varsa her bir ikili bağın yeri belirtilir ve **–en** ekinden önce ikili bağların sayısı **–dien**, **–trien** eklerinden biriyle belirtilir.



2-Metil-1,3-pentadien

$\underset{1}{CH_2}=\underset{2}{CH}-\underset{3}{CH}=\underset{4}{CH}-\underset{5}{CH}=\underset{6}{CH_2}$

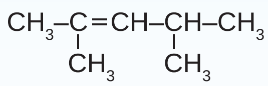
1,3,5-Hekzatrien

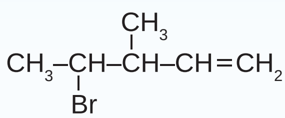
7. Alkenlerin 1 hidrojen eksik hâline **alkenil** denir.

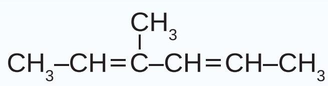
$CH_2=CH-$	$-CH=CH-CH_3$	$CH_2=CH-CH_2-$
Etenil (vinil)	1-Propenil	2-Propenil (allil)

6. Alıştırma

Aşağıdaki bileşikleri IUPAC sistemine göre adlandırınız.

a) 

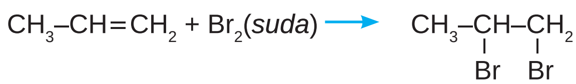
b) 

c) 

Cevaplar

Alkenlerin Özellikleri

Alkenler de tıpkı alkanlar gibi apolar yapılı olduğundan suda çözünmez. Molekülleri arasında London kuvvetleri görülür. Karbon sayısı arttıkça London kuvvetleri artacağından kaynama noktaları yükselir. Yapılarında bulunan ikili bağ alkenlere reaktif özellik kazandırır. Alkenlerin yapısında bulunan ikili bağın bir tanesi sigma, bir tanesi pi bağıdır. Bu pi bağından dolayı alkenler katılma ve polimerleşme tepkimesi verir. Brom ile katılma tepkimesi verdiğinden bromlu suyun kızıl kahve rengini giderir. Bromlu suyla alken tepkimeye girdiğinde alkenin yapısındaki pi bağı kırılır ve brom atomları, bağı kırılan karbonlara bağlanır. Propenin bromlu suyla verdiği tepkime aşağıda gösterilmiştir.



Propen 1,2-Dibromopropan

Alkenlere halojen veya halojen asidi katılarak alkil halojenürler oluşturulur.

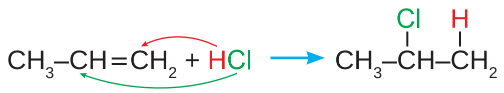


Eten 1,2-Dikloroetan

Alkenlere halojen asidi Markovnikov Kuralı'na göre katılır. 1871'de Rus Kimyager Vladimir Vasilyevich Markovnikov (Viladimir Vasilyeviç Markovnikof), bu tür katılma tepkimelerinde bir genelleme önermiştir. Markovnikov Kuralı olarak bilinen bu genellemeye göre simetrik olmayan bileşiklerin pozitif kısmı, genellikle hidrojen, ikili bağ karbonlarından hidrojeni fazla olana katılır. Negatif kısmı ise ikili bağ karbonlarından hidrojeni az olana katılır. İkili bağ karbon atomlarında eşit sayıda hidrojen bulunan alkenlerde bu kural dikkate alınmaz.

$$CH_2=CH_2 + HCl \longrightarrow CH_3-CH_2-Cl$$

Eten — Etil klorür



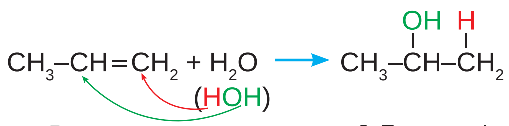
Propen — 2-Kloropropan

Alkenler alkol üretiminde yaygın olarak kullanılır. Alkenlere su katılarak alkol elde edilir. Alkenlere su katılması Markovnikov Kuralı'na göre gerçekleşir.

Alkenlerin ilk üyesi olan etene su katılarak etil alkol elde edilir. Propene su katılarak 2-Propanol elde edilir.

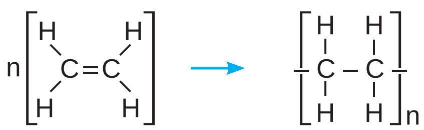
$$CH_2=CH_2 + H_2O \longrightarrow CH_3-CH_2-OH$$

Eten — Etanol (etil alkol)

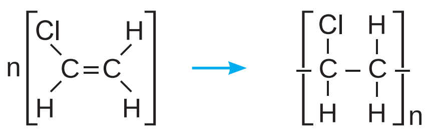


Propen — 2-Propanol

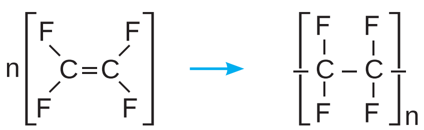
Alkenler polimerleşme tepkimesi verir. Alkenlerin polimerleşmesi sırasında alkendeki pi bağı uygun koşullarda katalizör yardımıyla açılarak karbon atomlarının birbirine bağlanmasını sağlar. Çok sayıda alkenin birbirine bağlanmasına **polimerleşme**, oluşan ürüne **polimer** denir. Alkenlerin polimerleşmesi sonucu elde edilen ürünler sanayide ve günlük hayatta sıkça kullanılır.



Etilen — Polietilen



Vinil klorür — Polivinil klorür (PVC)



Tetrafloroetilen — Politetrafloroetilen (PTFE) (TEFLON)

7. Alıştırma

CH_3–CH=CH_2 bileşiğiyle ilgili,

I. Doymamış hidrokarbondur.
II. HBr katılmasıyla 1-Bromo propan bileşiği oluşur.
III. Polimerleşme tepkimesi verir.

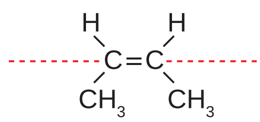
yargılardan hangileri doğrudur?

Cevap

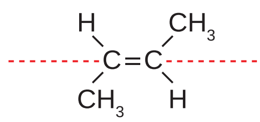
Cis-Trans İzomerliği

Sigma bağlarının orbitallerin uç uca örtüşmesiyle, pi bağlarının ise p orbitallerinin örtüşmesiyle oluştuğunu öğrendiniz. Alkenlerde bulunan ikili bağlardan biri sigma, diğeri pi bağıdır. Alkanlarda karbon atomları arasındaki sigma bağı nedeniyle karbon atomları sigma bağı çevresinde dönme hareketi yapabilir. Ancak alkenlerde karbon atomları arasında sigma bağının yanı sıra pi bağı da bulunduğundan bu dönme hareketi kısıtlıdır. Bu nedenle ikili bağın karbon atomlarına bağlı gruplar düzlemin aynı ya da farklı tarafında olabilir.

Alkenlerde ikili bağın karbonlarına bağlı gruplar, düzlemin aynı tarafında ise **cis**; farklı tarafında ise **trans** olarak adlandırılır. Bu şekilde oluşan izomerliğe **cis-trans izomerliği** denir.

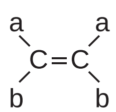


cis-2-Büten

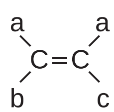


trans-2-Büten

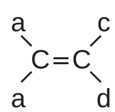
Alkenlerde ikili bağın karbonlarından herhangi birine iki tane aynı grup ya da iki karbona toplam 4 tane farklı grup bağlı olursa cis-trans izomerliği görülmez.



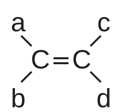
Cis-trans izormerliği gösterir.



Cis-trans izormerliği gösterir.



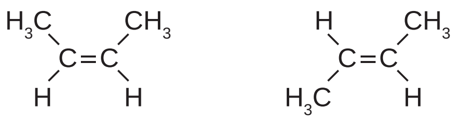
Cis-trans izormerliği göstermez.



Cis-trans izormerliği göstermez.

Örnek

Aşağıdaki molekül çiftlerinin hangilerinde cis-trans izomerliği görülmektedir? Cis-trans izomerliği göstermeyenleri nedeniyle belirtiniz.

a) 

b) 

c) 

ç) 

Çözüm

a) 

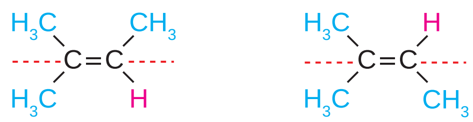
cis trans

b) 

trans cis

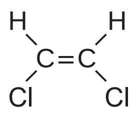
c) 

Bu moleküllerde ikili bağ olmadığından cis-trans izomerliği görülmez.

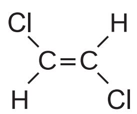
ç) 

İkili bağın karbonlarından birine iki aynı grup bağlı olduğundan cis-trans izomerliği görülmez.

Cis-trans izomerlerin fiziksel özellikleri birbirinden farklıdır. Cis izomerler polar özellik gösterirken trans izomerler genellikle apolar özellik gösterir. Bu nedenle cis izomerlerin erime ve kaynama noktaları trans izomerlerden daha yüksektir.



cis
(KN 60 °C)



trans
(KN 47 °C)

cis-1,2-Dikloro etenin kaynama noktasının trans-1,2-Dikoloro etenin kaynama noktasından yüksek olduğu görülmektedir.

8. Alıştırma

Aşağıda IUPAC sistemine göre isimleri verilen bileşiklerin formüllerini yazarak cis-trans izomerliği gösterip göstermediklerini belirtiniz.

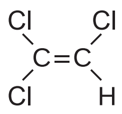
a) 2-Penten b) 1-Büten c) 2-Metil-2-büten ç)1-Bromo-1-propen

Cevaplar

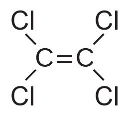
Alkenlerin Kullanım Alanları

Alkenlerin ilk üyesi olan eten, meyvelerin olgunlaştırılması için kullanılır. Örneğin çok çabuk bozulan muz, olgunlaşmadan toplanıp depolanır. Satışa çıkarılmadan önce etilen gazı bulunan odalarda bir süre bekletilerek olgunlaşması sağlanır. Bu yöntem portakal, mandalina ve limon gibi meyveleri olgunlaştırmak için de kullanılır.

Etenin türevleri olan trikloroeten ve tetrakloroeten (perkloroeten) yağ çözme özelliğinden dolayı kuru temizlemede yaygın olarak kullanılır.



Trikloroeten



Tetrakloroeten

3.1.4. Alkinler (Asetilen Sınıfı Bileşikler)

Yapısında en az bir tane üçlü bağ bulunan hidrokarbonlara **alkin** denir. Yapısında birden fazla üçlü bağ bulunan alkinlere **polialkin** denir. Yapısında bir tane üçlü bağ bulunan alkinlerin genel formülü C_nH_{2n-2} şeklindedir. Alkinlerin yapısında bulunan üçlü bağdan dolayı en az iki tane pi bağı vardır. Alkinlerin ilk üyesi önemli bir organik bileşik olan ve iki karbonlu etin (asetilen) olarak bilinen C_2H_2 bileşiğidir. Bu nedenle alkinlere **asetilen** sınıfı bileşikler de denir. Asetilen doğrusal bir geometriye sahiptir ve bağ açısı 180°dir. Asetilenin bir hidrojen eksik hâline **etinil** denir.

H–C≡C–H
Etin (Asetilen)

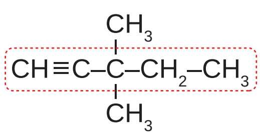
H–C≡C–
Etinil

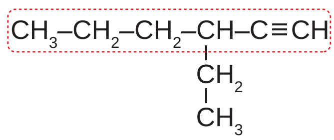
Asetilenin VSEPR gösterimi AX_2dir ve karbon atomlarının hibritleşme türü sp'dir.

Alkinlerin Adlandırılması

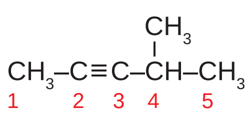
Alkinlerin adlandırılması IUPAC kurallarına göre aşağıdaki şekilde yapılır.

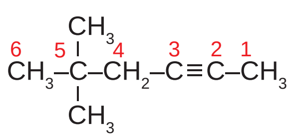
1. Üçlü bağın içinde bulunduğu en uzun zincir seçilir.



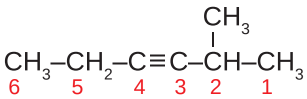


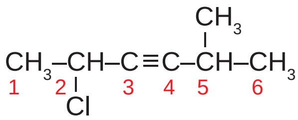
2. Ana zincire numara verme işlemi üçlü bağa göre yapılır. Üçlü bağ hangi uca yakınsa numara verme işlemine o uçtan başlanır.



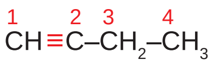


3. Üçlü bağ her iki uca eşit mesafede ise alkanlardaki kurallar sırası ile uygulanır. Önce dallanma önceliğine, sonra alfabetik önceliğe bakılır.

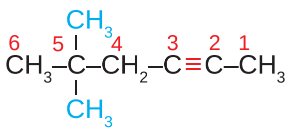




4. Bileşikteki yan grupları adlandırma işlemi alkanlardaki kurallara göre yapılır. Yan gruplar yazıldıktan sonra üçlü bağın bulunduğu karbonlardan numarası küçük olanın numarası yazılır ve ana zincirin karşılığı olan alkanın sonundaki **-an** eki yerine **-in** eki getirilerek adlandırma yapılır.



1-Bütin



5,5-Dimetil-2-hekzin

5. 2 ve 3 karbonlu alkinlerde üçlü bağın yerini belirtmeye gerek yoktur.

$CH\equiv CH$
Etin (asetilen)

$CH\equiv C{-}CH_3$
Propin

6. Birden fazla üçlü bağ varsa her bir üçlü bağın yeri ayrı ayrı belirtilir ve **-in** ekinden önce üçlü bağların sayısı iki ise **-diin**, üç ise **-triin** ekleriyle belirtilir.

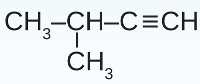
$CH\equiv C{-}C\equiv CH$
1,3-Bütadiin

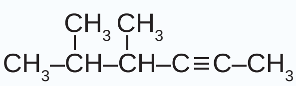
$CH\equiv C{-}CH_2{-}C\equiv C{-}C\equiv CH$
1,3,6-Heptatriin

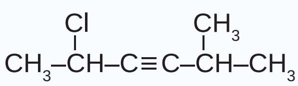
9. Alıştırma

Aşağıdaki bileşikleri IUPAC kurallarına göre adlandırınız.

a) $CH_3{-}C\equiv C{-}C\equiv CH$

b) 

c) 

ç) 

Cevaplar

Alkinlerin Özel Adlandırılması

Alkinlerin özel adlandırılması ilk üyesi olan asetilene göre yapılır. Aralarında üçlü bağ bulunan karbon atomları (asetilen) merkez kabul edilir. Bu merkeze bağlı gruplar alfabetik sıraya göre yazılır ve sonuna asetilen kelimesi getirilir.

$H–C≡C–CH_3$
Metil asetilen

$H–C≡C–C_3H_7$
Propil asetilen

$H–C≡C–CH{=}CH_2$
Vinil asetilen

$CH_3–C≡C–CH_3$
Dimetil asetilen

10. Alıştırma

Aşağıdaki bileşiklerin özel adlarını yazınız.

a) $CH_3–CH(CH_3)–C≡C–CH_3$

b) $CH_3–CH_2–C≡C–CH_2–CH_3$

Cevaplar

Alkinlerin Özellikleri

Alkinler de alkenler ve alkanlar gibi apolar bileşiklerdir. Yapılarında bulunan üçlü bağlardan iki tanesi pi bağıdır. Bu pi bağları açılarak katılma tepkimesi gerçekleştirir. Yapısındaki üçlü bağ 1 ve 2 numaralı karbonlar arasında olan alkinlere **uç alkin**, ana zincirdeki diğer karbonlar arasında olan alkinlere ise **iç alkin** denir.

$CH_3–C≡CH$
Uç alkin
(Propin)

$CH_3–C≡C–CH_3$
İç alkin
(2-Bütin)

Asetilenin Elde Edilme Yolları

Asetilen birçok organik bileşiğin üretilmesinde kullanılan bir ham madde olduğundan sanayide önemli bir yere sahiptir ve üretimi çokça yapılmaktadır. Asetilen yaygın olarak karpitten (CaC_2) üretilir. Kok kömürü (C) ve sönmemiş kireç (CaO) fırınlarda çok yüksek sıcaklıklara kadar ısıtılır ve karpit (CaC_2) elde edilir. Elde edilen karpit su ile reaksiyona sokularak asetilen elde edilir.

$CaCO_3(k) \longrightarrow CaO(k) + CO_2(g)$
Kireç taşı — Sönmemiş kireç

$CaO(k) + 3C(k) \longrightarrow CaC_2(k) + CO(g)$
Karpit (kalsiyum karbür)

$CaC_2(k) + 2H_2O(s) \longrightarrow CH≡CH(g) + Ca(OH)_2(suda)$
Asetilen

Asetilen, petrolün çok yüksek sıcaklıklarda parçalanmasıyla (kraking) da elde edilebilir.



Görsel 3.6: Oksiasetilen ile metalin kesilmesi

Asetilenin Özellikleri ve Kullanım Alanları

Alkinlerin ilk üyesi olan asetilen oda koşullarında gaz hâlindedir. Çok çabuk alev alabilen asetilen gazı oksijen ile çok yüksek derecede ısı vererek yanar. Metallerin kesilmesinde ve kaynak işleminde kullanılır (Görsel 3.6).

Asetilen gazı çok kararsız bir yapıya sahiptir. Yüksek basınca maruz kaldığında patlar. Bu nedenle saf asetilen gazının yüksek basınç ile sıvılaştırılması tehlikelidir.

Asetilenin Kimyasal Reaksiyonları

1. Katılma Reaksiyonları

Asetilen, yapısında pi bağı bulundurduğundan katılma tepkimesi verir.

a) H_2 Katılması: Asetilene palladyum (Pd) katalizörlüğünde 1 mol H_2 katılırsa alken, platin (Pt) katalizörlüğünde 2 mol H_2 katılırsa alkan elde edilir.

$$\underset{\text{Asetilen}}{CH{\equiv}CH} + H_2 \xrightarrow{Pd} \underset{\text{Eten}}{CH_2{=}CH_2}$$

$$\underset{\text{Asetilen}}{CH{\equiv}CH} + 2H_2 \xrightarrow{Pt} \underset{\text{Etan}}{CH_3{-}CH_3}$$

b) Halojen Katılması: Asetilen, halojenlerle katılma tepkimesi verir ve bromlu suyun kırmızı rengini giderir.

Asetilene 1 mol Br_2 katılırsa 1,2-dibromo eten, 2 mol Br_2 katılırsa 1,1,2,2-tetrabromo etan elde edilir.

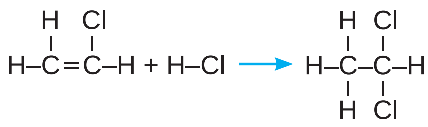
$$\underset{\text{Asetilen}}{H{-}C{\equiv}C{-}H} + Br_2(suda) \longrightarrow \underset{\text{1,2-Dibromo eten}}{H{-}\overset{\overset{Br}{|}}{C}{=}\overset{\overset{Br}{|}}{C}{-}H}$$

$$\underset{\text{Asetilen}}{H{-}C{\equiv}C{-}H} + 2Br_2(suda) \longrightarrow \underset{\text{1,1,2,2-Tetrabromo etan}}{H{-}\underset{\underset{Br}{|}}{\overset{\overset{Br}{|}}{C}}{-}\underset{\underset{Br}{|}}{\overset{\overset{Br}{|}}{C}}{-}H}$$

c) Halojen Asidi Katılması: Asetilene 1 mol HCl katılırsa kloroeten (vinil klorür) elde edilir.

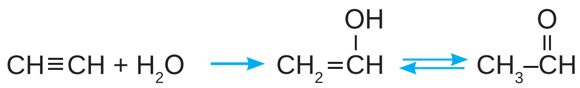
$$\underset{\text{Asetilen}}{H{-}C{\equiv}C{-}H} + HCl \longrightarrow \underset{\text{Kloro eten (Vinil klorür)}}{H{-}\overset{\overset{H}{|}}{C}{=}\overset{\overset{Cl}{|}}{C}{-}H}$$

Vinil klorüre 1 mol HCl katılırsa 1,1-dikloro etan elde edilir. Vinil klorüre HCl katılması Markovnikov Kuralı'na göre yapılır.



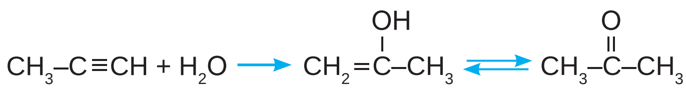
Vinil klorür 1,1-Dikloro etan

d) Su Katılması: Asetilen, su ile katılma tepkimesi vererek önce kararsız bir bileşik olan enol, sonra denge tepkimesiyle kararlı bir bileşik olan asetaldehit oluşturur.



Asetilen Enol (Kararsız) Asetaldehit (Kararlı)

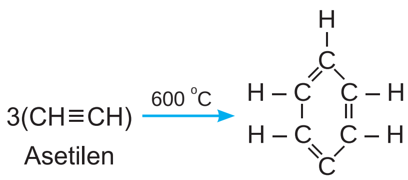
Karbon sayısı 3 ve daha fazla olan alkinlere su katılırsa önce kararsız bir bileşik olan enol, sonra denge tepkimesiyle kararlı bir bileşik olan keton oluşur.



Propin Enol (Kararsız) Dimetilketon (Kararlı)

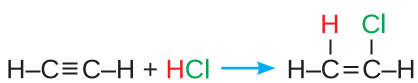
2. Polimerleşme Reaksiyonu

a) Üç tane asetilen bileşiğinin 600 °C sıcaklıkta bir araya gelmesiyle (trimerleşme) benzen bileşiği elde edilir.

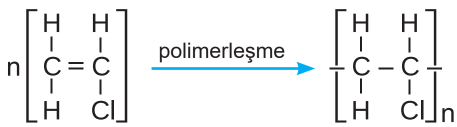


Benzen

b) Asetilene HCl katılması ile oluşan vinil klorür polimerleşerek günümüz inşaat sektöründe çok önemli bir yere sahip olan polivinil klorür (PVC) bileşiğini oluşturur.



Asetilen Kloro eten (Vinil klorür)



Vinil klorür Polivinil klorür (PVC)

3. Yer Değiştirme Reaksiyonları

Asetilen, amonyaklı $AgNO_3$ çözeltisiyle tepkime vererek beyaz çökelek oluşturur. Amonyaklı $AgNO_3$ (Tollens ayıracı) önce $[Ag(NH_3)_2]^+$ kompleks iyonunu, sonra asetilenle tepkimeye girerek suda çözünmeyen beyaz renkli çökelek oluşturur.

$$H\text{–}C\equiv C\text{–}H + 2Ag(NH_3)_2^+ \longrightarrow Ag\text{–}C\equiv C\text{–}Ag\downarrow + 2NH_3 + 2NH_4^+$$

Beyaz çökelek

Asetilen, amonyaklı $CuNO_3$ çözeltisiyle tepkime vererek kırmızı çökelek oluşturur. Amonyaklı $CuNO_3$ (Fehling ayıracı) önce $[Cu(NH_3)_2]^+$ kompleks iyonunu oluşturur, sonra asetilenle tepkimeye girerek suda çözünmeyen kırmızı renkli çökelek oluşturur.

$$H\text{–}C\equiv C\text{–}H + 2Cu(NH_3)_2^+ \longrightarrow Cu\text{–}C\equiv C\text{–}Cu\downarrow + 2NH_3 + 2NH_4^+$$

Kırmızı çökelek

Asetilen bileşiği Fehling ve Tollens ayıraçlarıyla yer değiştirme tepkimesi vererek metal asetilenür tuzlarını oluşturmuştur. Bu tuzlar darbelere karşı dayanıksızdır ve patlayıcı özellik gösterir.

11. Alıştırma

Dimetil asetilen bileşiğiyle ilgili,

I. Fehling ve Tollens ayıracıyla tepkime verir.

II. Su katılmasıyla keton oluşur.

III. Uç alkindir.

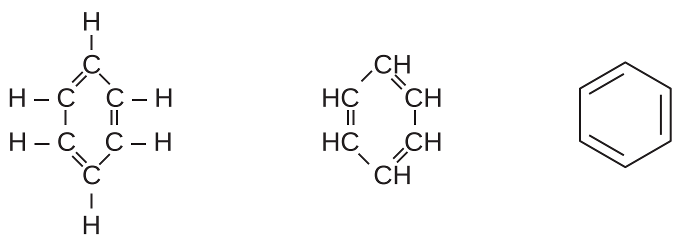
yargılardan hangileri doğrudur?

Cevap

3.1.5. Aromatik Bileşikler (Arenler)

Baharatların birçoğunun kendine has ve güzel kokuları, yapılarında bulunan altı karbonlu halkalı yapıda olan benzen molekülünü içeren kimyasal maddelerden kaynaklanmaktadır. Kendine has kokuları olan bu bileşiklere güzel kokulu anlamına gelen **aromatik bileşik (aren)** denir.

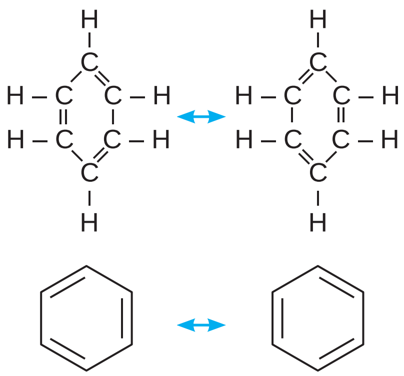
Benzen: Aromatik hidrokarbonların ilk üyesi 6 karbonlu benzendir (C_6H_6).



Benzen

Aromatik bileşiklerin büyük bir bölümünde benzen halkası bulunmaktadır. Bu nedenle aromatik bileşikler, benzen halkası içeren bileşikler olarak da tanımlanır.

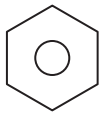
Benzenin yapısında bulunan karbon atomları arasında 3 tane tekli, 3 tane ikili bağ vardır. Benzendeki pi bağları birbirleriyle sürekli yer değiştirir ve çok kararlı bir yapı oluşturur. Bu duruma **rezonans** denir. Benzenin bu yapısını ilk olarak Friedrich August Kekule (Fredrih Agust Kekule) açıklamıştır. Bu nedenle benzenin bu yapısına **Kekule yapısı** da denir.



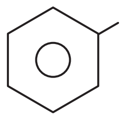
Benzenin Kekule yapısı

Benzenin rezonans yapısından dolayı karbon atomları arasında bulunan bütün bağlar özdeştir. Benzen kararlı yapısından dolayı doymamış bir hidrokarbon olmasına rağmen katılma reaksiyonu vermez.

Aromatik bileşiklerin bir hidrojen eksik hâline **aril**, benzen halkasının bir hidrojen eksik hâline **fenil** denir.



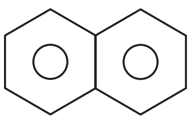
Benzen



Fenil

Benzen, kendine has kokusu olan, kolay tutuşabilen bir maddedir. Oda şartlarında berrak görünümlü, sıvı hâldedir. Kömür ve petrolün damıtılmasıyla elde edilir. İçilmesi ve buharının solunması çok tehlikeli olan bu zehirli madde, birçok aromatik bileşiğin sentezlenmesinde başlangıç maddesi olarak kullanılır. Benzenden türetilen aromatik bileşikler boya, plastik, deterjan, patlayıcı, böcek ilacı ve motor yakıtı üretiminde kullanılır. Bu maddelere naftalin, anilin, toluen ve fenol örnek verilebilir.

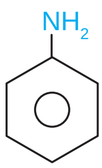
Naftalin: İki benzen halkasının kaynaşmasıyla oluşan, formülü $C_{10}H_8$ olan aromatik bileşiğe denir.



Naftalin

Oda şartlarında beyaz, kristal yapılı bir katı olan naftalin, kolayca süblimleşir. Kendine özgü keskin bir kokusu vardır. Bu keskin koku sayesinde haşereleri uzaklaştırdığından kumaş ve yünlerin korunması için günlük hayatta kullanılır. Naftalin lavabolarda oluşan kötü kokuların giderilmesi amacıyla da kullanılır.

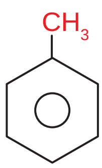
Anilin: Benzen halkasına amino ($–NH_2$) grubu bağlanmasıyla oluşan aromatik bileşiğe denir.



Aminobenzen
(Anilin)

Renksiz, yağ görünümünde, özel kokulu, zehirli, 182 $^{\circ}$C'de kaynayan bazik bir sıvı olan anilin, boya sanayisinde çıkış maddesi olarak kullanılan önemli bir bileşiktir. Anilin ayrıca vernik, mürekkep, kauçuk ve lastik üretiminde kullanılır.

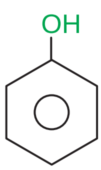
Toluen: Benzen halkasına metil ($–CH_3$) grubu bağlanmasıyla oluşan aromatik bileşiğe denir.



Metilbenzen
(Toluen)

Renksiz, kendine has bir kokusu olan, kolay tutuşabilen bir sıvıdır. Plastik, ilaç, parfüm, boya ve patlayıcı bir madde olan TNT (trinitrotoluen) üretiminde kullanılır.

Fenol: Benzen halkasına hidroksil (–OH) grubu bağlanmasıyla oluşan aromatik bileşiğe denir.



Hidroksibenzen
(Fenol)

Kendine has bir kokusu olan fenol, oda şartlarında sıvı hâldedir. Zayıf asit özelliği gösterir. Çok geniş bir kullanım alanına sahiptir. Mikrop öldürücü özelliğinden dolayı tıpta uzunca bir süre antiseptik olarak kullanılmıştır. Ancak deriyi tahriş ettiği için son zamanlarda tercih edilmemektedir. Fenol; plastik, böcek ilacı, vernik ve boya üretiminde kullanılır.

2. BÖLÜM
FONKSİYONEL GRUPLAR

Konular

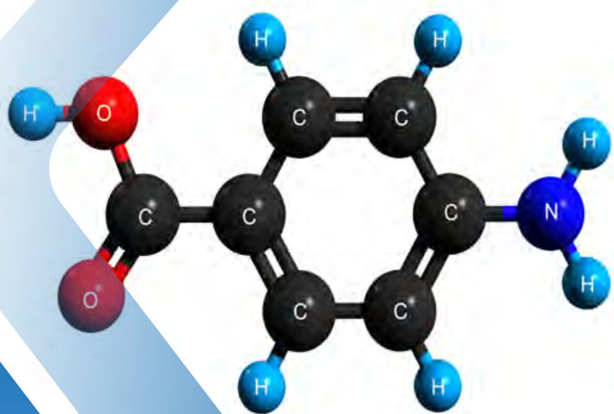
3.2.1. Fonksiyonel Grupların Sınıflandırılması

Anahtar Kavramlar

• Fonksiyonel grup

Organik bileşiklerin yapısında karbon ve hidrojen dışında halojenler; O, S, N, P gibi atomlar da bulunabilir. Bu atomların farklı sayılarda bir araya gelmesiyle birçok organik bileşik oluşur. Bu kadar fazla sayıda organik bileşiği tanımak ve özelliklerini bilmek zor olduğundan organik bileşikler, yapısında bulunan atom ya da atom gruplarına göre sınıflandırılır. Günlük hayatta duyduğunuz alkol, yağ, protein, karbonhidratlar gibi birçok madde organik bileşiklerin sınıflarıdır.

Bu bölümde organik bileşiklerin sınıfları hakkında bilgi verilecektir.



3.2.1. Fonksiyonel Grupların Sınıflandırılması

Hidrokarbonların alkan, alken, alkin ve aromatik hidrokarbonlar olarak sınıflandırıldığını 1. Bölüm'de öğrenmiştiniz. Hidrokarbonlarda sadece karbon ve hidrojen atomları bulunur. Bu bileşiklerden bir tane hidrojen atomunun ayrılmasıyla radikal gruplar oluşur ve R– ile gösterilir. Radikal gruplara fonksiyonel grup ya da grupların bağlanmasıyla farklı organik bileşikler meydana gelir. Radikal gruplara bağlanan bu farklı gruplara **fonksiyonel grup** denir. Fonksiyonel grup, bulunduğu organik bileşiğe belirli özellikler kazandıran ve tepkimelerinde etkin rol oynayan atom ya da atom gruplarıdır.

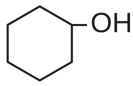
Bazı fonksiyonel gruplar şunlardır:

–OH	R–O–	X–	$-\overset{O}{\overset{\|\|}{C}}-$	$-\overset{O}{\overset{\|\|}{C}}-OH$	$-NH_2$	$-NO_2$	$-C_6H_5$
Hidroksi	Alkoksi	Halo	Karbonil	Karboksil	Amino	Nitro	Fenil

Organik bileşikler sahip oldukları fonksiyonel gruba göre sınıflandırılır.

Radikal Gruplara Fonksiyonel Grupların Bağlanması

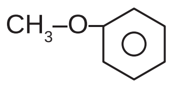
Fonksiyonel gruplardan biri olan hidroksi (–OH) grubunun radikal (R–) grubuna bağlanmasıyla alkol (R–OH) sınıfı organik bileşikler oluşur.

R–OH Alkol	CH_3-OH	CH_3-CH_2-OH	$CH_3-CH(OH)-CH_3$	

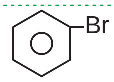
Bir radikal gruptaki farklı karbon atomlarına birden fazla hidroksi grubunun bağlanmasıyla poli alkoller oluşur.

$CH_2(OH)-CH_2(OH)$	$CH_2(OH)-CH(OH)-CH_2(OH)$	$CH_3-CH(OH)-CH(OH)-CH_3$

Bir radikal gruba alkoksi (R–O–) grubunun bağlanmasıyla eter sınıfı (R–O–R) organik bileşikler oluşur.

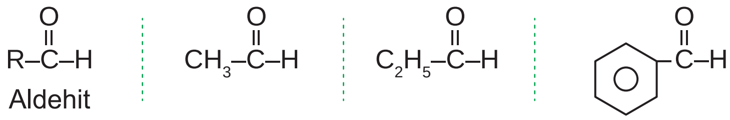
R–O–R Eter	CH_3-O-CH_3	$C_2H_5-O-C_2H_5$	$CH_3-O-C_2H_5$	

Organik kimyada halojenler X ile gösterilir. Alkil grubuna halo (X–) grubunun bağlanmasıyla alkil halojenür (R–X) sınıfı bileşikler oluşur.

R–Cl Alkil halojenür	CH_3-Cl Metil klorür	C_2H_5-Br Etil bromür
 Fenil bromür	$CH_3-CH(Cl)-CH_2-CH_3$ sec-Bütil klorür	$CH_3-CH(Cl)-CH_3$ İzopropil klorür

Bir radikal gruba karbonil grubunun ($-\overset{O}{\overset{\|\|}{C}}-$) bağlanmasıyla karbonil sınıfı bileşikler oluşur. Karbonil sınıfı bileşikler aldehitler ve ketonlardır.

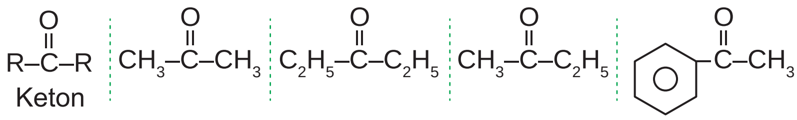
Karbonil grubundaki karbon atomunun bir tarafına radikal grup, diğer tarafına hidrojen atomunun bağlanmasıyla aldehit sınıfı bileşikler oluşur.



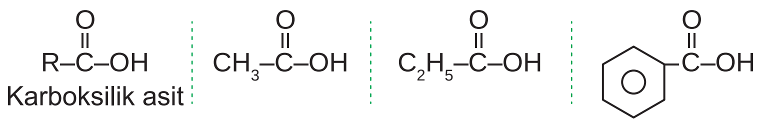
Karbonil grubunun her iki tarafına hidrojen atomu bağlanmasıyla aldehitlerin en küçük üyesi olan formaldehit oluşur. Formaldehitte alkil grubu (R–) bulunmaz.

$$H-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-H$$

Karbonil grubundaki karbon atomunun her iki tarafına aynı ya da farklı radikal gruplarının bağlanmasıyla keton sınıfı bileşikler oluşur.



Radikal grubuna karboksil ($-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH$) grubunun bağlanmasıyla karboksilik asit sınıfı organik bileşikler oluşur. Karboksil grubu ($-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH$) veya (–COOH) şeklinde gösterilebilir.



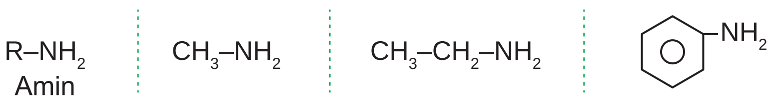
Karboksil grubuna (–COOH) hidrojen atomu bağlanmasıyla organik asitlerin en küçük üyesi olan 1 karbonlu formik asit oluşur. Formik asitte alkil grubu (R–) bulunmaz.

$$H-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH$$

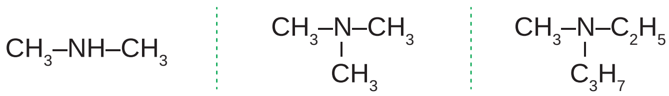
Yapısında birden fazla karboksil grubu bulunan organik bileşiklere **polikarboksilik asit** denir.

$HOOC-CH_2-COOH$ | $HOOC-CH_2-CH_2-COOH$

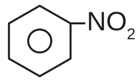
Radikal gruplarına amino ($-NH_2$) grubunun bağlanmasıyla amin sınıfı bileşikler oluşur.



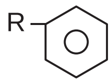
Amin bileşiklerinde birden fazla radikal grup bulunabilir.



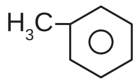
Radikal gruplara nitro ($-NO_2$) grubunun bağlanmasıyla nitro bileşikleri oluşur.

$R-NO_2$ Nitro alkan	CH_3-NO_2	$C_2H_5-NO_2$	

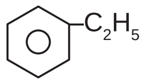
Radikal grubuna fenil ($-C_6H_5$) grubunun bağlanmasıyla aromatik bileşikler oluşur.



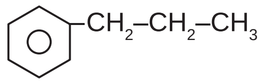
Aromatik bileşik (C_6H_5-R)



($C_6H_5-CH_3$)



($C_6H_5-C_2H_5$)



($C_6H_5-C_3H_7$)

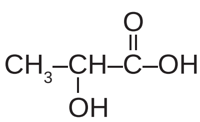
Yaygın olarak kullanılan bazı fonksiyonel gruplar, bu grupların radikal gruplarına bağlanmasıyla oluşan organik bileşik sınıfları ve formülleri aşağıda gösterilmiştir (Tablo 3.6).

Tablo 3.6: Bazı Organik Bileşiklerin Sınıfları ve Formülleri

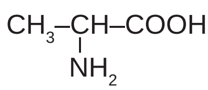
Fonksiyonel Grup	Bileşik Sınıfı	Formül
$-OH$	Alkol	$R-OH$
$-OR$	Eter	$R-O-R$
$-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H$	Aldehit	$R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H$
$-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-$	Keton	$R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-R$
$-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH$	Karboksilik Asit	$R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH$
$-NH_2$	Amin	$R-NH_2$
$-NO_2$	Nitro Alkan	$R-NO_2$
C_6H_5-	Aromatik Bileşik	C_6H_5-R

Birden fazla fonksiyonel grup içeren organik bileşiklere **polifonksiyonel bileşikler** denir. Bu bileşikler içerdiği fonksiyonel grupların özelliklerini gösterir. Örneğin alkil grubuna $-OH$ ve $-COOH$ gruplarının bağlanmasıyla oluşan oksi asitler hem alkol hem de asit özelliği gösterir.

Benzer şekilde alkil grubuna $-NH_2$ ve $-COOH$ grubunun bağlanmasıyla amino asit sınıfı bileşikler oluşur. Bu bileşikler hem amin hem karboksilik asit özelliği gösterir.



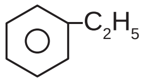
Oksi asit



Amino asit

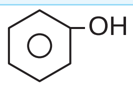
12. Alıştırma

Aşağıdaki bileşikleri içerdikleri fonksiyonel gruba göre sınıflandırınız.

Bileşik Formülü	Sınıfı	Bileşik Formülü	Sınıfı
$CH_3-\overset{OH}{\overset{\mid}{C}H}-CH_3$		$CH_3-\underset{CH_3}{\underset{\mid}{C}H}-CH_2-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH$	
$CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-C_2H_5$		$CH_3-O-C_2H_5$	
$CH_3-CH_2-CH_2-NH_2$			
$C_3H_7-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-H$		$C_2H_5-NO_2$	
$CH_3-\overset{Br}{\overset{\mid}{C}H}-C_2H_5$		$CH_3-CH=CH_2$	

13. Alıştırma

Aşağıdaki organik bileşiklerden hangileri polifonksiyonel bileşiktir?

a) $CH_2=CH-\overset{O}{\overset{\|}{C}H}$	b) $CH_3-\overset{OH}{\overset{\mid}{C}H}-\overset{OH}{\overset{\mid}{C}H_2}$
c) $CH_3-\underset{NH_2}{\underset{\mid}{C}H}-CH_2-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH$	ç) $CH_3-\overset{OH}{\overset{\mid}{C}H}-CH_2-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH$
d) $CH_3-\underset{OH}{\underset{\mid}{C}H}-CH_2-CH_2-CH_3$	e) $CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-CH_2-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-H$
f) $CH_3-CH=CH-C\equiv CH$	g) 

Cevap

3. BÖLÜM
ALKOLLER

Konular

Anahtar Kavramlar

- Alkol

Alkoller günlük hayatta pek çok kullanım alanına sahip organik bileşiklerdir. Parfüm sanayisinde çözücü, araçlarda antifiriz (etilen glikol), tıpta antibakteriyel (izopropil alkol) olarak kullanılmaktadır.

Alkol sınıfı bileşiklerin en küçük üyesi olan metanol çok zehirli bir maddedir ve az miktarının bile içilmesi körlüğe hatta ölüme sebep olabilmektedir. Alkollerin en yaygın kullanım alanına sahip üyesi etanol ise birçok meyvenin yapısında bulunan şekerin fermantasyonundan elde edilmektedir. Bitkisel alkol olarak bilinen etanol, biyoyakıt üretiminde de kullanılmaktadır.

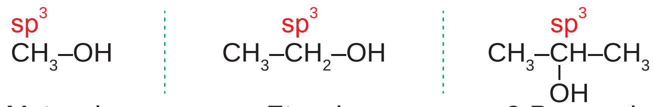
Bağımlılık yapan madde kullanımı günümüzde birçok bireysel ve toplumsal soruna neden olmaktadır. Genellikle arkadaş çevresinin etkisiyle ve merak duygusuyla başlayan bağımlılık öyküleri, ne yazık ki kötü bir sonla noktalanmaktadır. Bu tür ortamlardan uzak durmak, bu yönde eğilimi olan arkadaşlarınızı uyarmak insani bir görevdir.

Bu bölümde alkollerin sınıflandırılmasını, adlandırılmasını, genel özelliklerini ve kullanım alanlarını öğreneceksiniz.



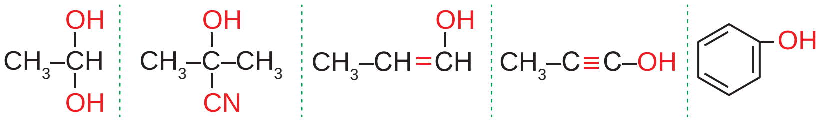
3.3.1. Alkollerin Genel Özellikleri ve Sınıflandırılması

Genel formülü $C_nH_{2n+2}O$ olan monoalkoller, sp^3 hibritleşmesi yapmış karbon atomuna hidroksil grubunun bağlanmasıyla oluşur.



Metanol | Etanol | 2-Propanol

–OH grubunun bağlı olduğu karbon atomunda –OH veya farklı fonksiyonel grubun bağlı olduğu bileşikler alkol değildir. –OH grubunun bağlı olduğu karbon atomunda pi bağı içeren bileşikler de alkol özelliği göstermez.

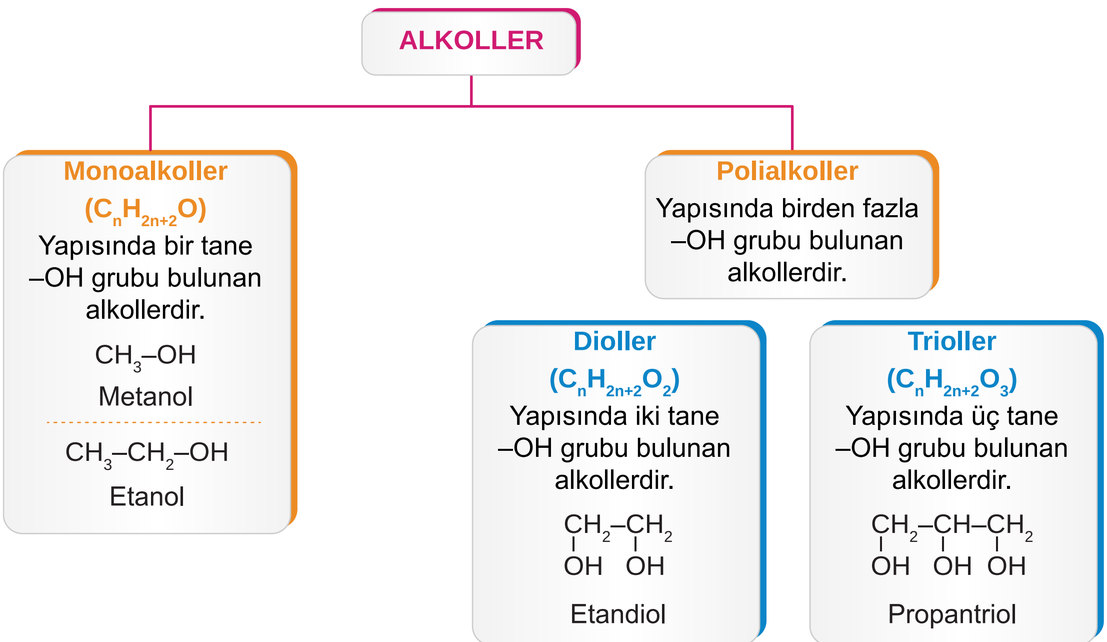


Alkoller sudaki hidrojen atomlarından birinin yerine alkil grubunun geçmesiyle oluşmuş molekül olarak düşünülebilir. Su ve alkol moleküllerinin geometrileri kırık doğrudur ve bağ açıları,



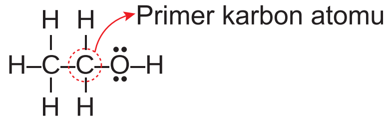
şeklindedir.

Alkollerin yapısında birden fazla hidroksil grubu bulunabilir. Yapısında bir tane –OH grubu bulunan alkollere **monoalkol**, birden fazla –OH grubu bulunan alkollere ise **polialkol** denir. Alkollerin sınıflandırılması aşağıda gösterilmiştir (Şekil 3.2).

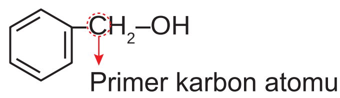


Şekil 3.2: Alkollerin sınıflandırılması

Alkoller yapılarında bulunan hidroksil grubu sayısına veya hidroksil grubunun bağlı olduğu karbon atomuna göre sınıflandırılabilir. Hidroksil grubunun bağlı olduğu karbon atomuna başka bir karbon atomu bağlıysa **birincil karbon atomu**, alkole ise **birincil (primer) alkol** denir. Birincil alkoller, 1° alkol şeklinde de ifade edilebilir.

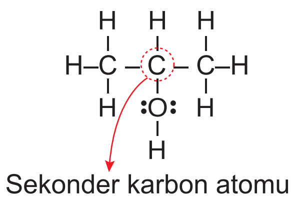


Etil alkol
(primer alkol)
(1° alkol)

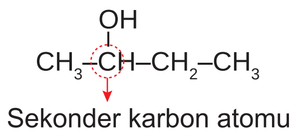


Benzil alkol
(primer alkol)
(1° alkol)

Hidroksil grubunun bağlı olduğu karbon atomuna iki karbon atomu bağlıysa **ikincil karbon atomu**, alkole ise **ikincil (sekonder) alkol** denir. İkincil alkoller, 2° alkol şeklinde de ifade edilebilir.

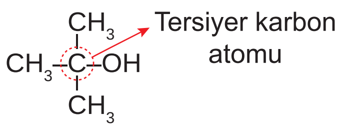


İzopropil alkol
(sec-Propil alkol)
(2° alkol)

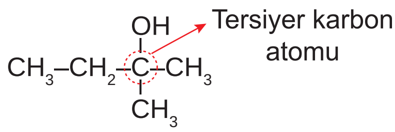


sec-Bütil alkol
(2° alkol)

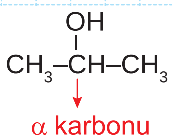
Hidroksil grubunun bağlı olduğu karbon atomuna üç karbon atomunun bağlıysa **üçüncül karbon atomu**, alkole ise **üçüncül (tersiyer) alkol** denir ve 3° alkol şeklinde de ifade edilebilir.



Tersiyer bütanol (3° alkol)



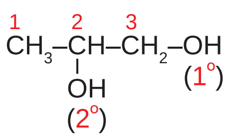
Tersiyer pentanol (3° alkol)

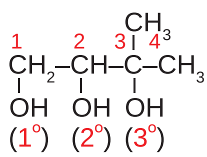


α karbonu fonksiyonel grubun bağlı olduğu karbon atomudur. Birincil, ikincil ve üçüncül alkoller, α karbonundaki hidrojen sayısına bakılarak da belirlenebilir.

–OH grubunun bağlı olduğu karbon atomunda (α karbonu) en az iki tane hidrojen atomu bulunan alkoller **birincil alkol**, bir tane hidrojen atomu bulunan alkoller **ikincil alkol**, hidrojen atomu bulunmayan alkoller ise **üçüncül alkol** olarak tanımlanır.

Polialkollerde birden fazla –OH grubu bulunur. –OH grubunun bağlı olduğu C atomuna göre polialkoller hem 1° hem 2° hem de 3° alkol özelliklerini bir arada gösterebilir.





14. Alıştırma

Aşağıdaki alkolleri primer, sekonder ve tersiyer şeklinde sınıflandırınız.

a) $CH_3-CH_2-CH(CH_3)-OH$

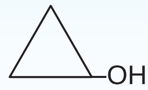
....

b) $CH_3-C(OH)(CH_3)-CH_2-CH_3$

....

c) $CH_3-C(CH_3)_2-CH_2-OH$

....

ç) 

....

Önemli polialkollerden biri olan etandiol (glikol) otomobil radyatörlerinde antifriz ve sentetik kumaş üretiminde ham madde olarak kullanılmaktadır. Etandiol, suyla tamamen karışır. Hidrojen bağı yapma kapasitesi fazla olduğu için kaynama noktası yüksektir. Bir diğer önemli polialkol olan propantriol (gliserin) şurup kıvamında, renksiz, suda çözünebilen, kaynama noktası yüksek bir bileşiktir. Yaygın olarak traş köpüğünde, sabunlarda, öksürük şuruplarında kullanılır.

$CH_2(OH)-CH_2(OH)$

Etandiol (glikol)
(KN 197 °C)

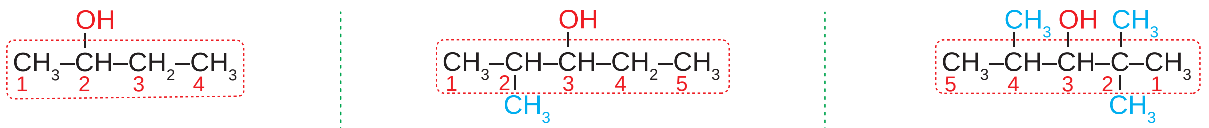
$CH_2(OH)-CH(OH)-CH_2(OH)$

Propantriol (gliserin)
(KN 290 °C)

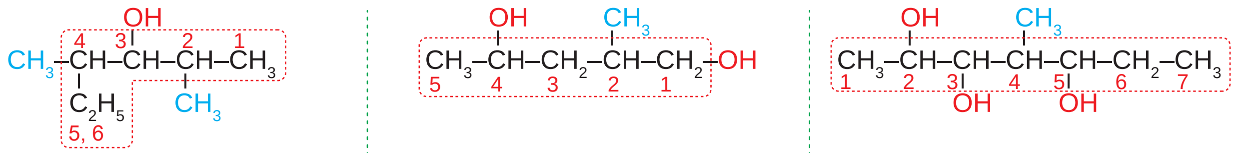
Alkollerin Adlandırılması

Alkoller IUPAC kurallarına göre adlandırılırken aşağıdaki kurallar sırasıyla uygulanır:

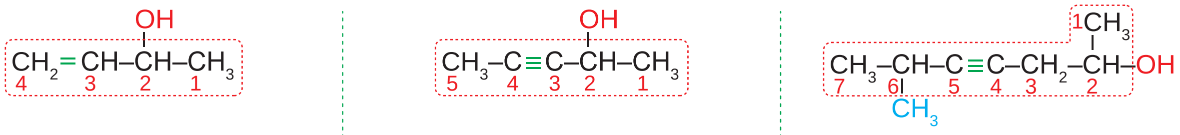
1. Hidroksil grubunun bulunduğu en uzun karbon zinciri seçilir.
2. Hidroksil grubuna en yakın uçtan başlanarak zincirdeki karbon atomlarına numara verilir.
3. Zincirde bulunan alkil gruplarının ve heteroatomların yeri ve adı belirtilir.
4. Hidroksil grubunun yeri belirtilerek zincirdeki karbon sayısına göre alkan adlandırılması yapılır ve alkanın adının sonuna **-ol** eki getirilir.
5. Molekülde birden fazla hidroksil grubu varsa yerleri belirtilip adlandırmadaki **-ol** ekinin önüne **di-, tri-, tetra-** gibi ekler getirilir. Molekülde iki tane hidroksil grubu varsa **-diol**, üç tane hidroksil grubu varsa **-triol** eklerinden biri getirilir.
6. İkili ya da üçlü bağ içeren doymamış alkol molekülleri adlandırılırken ikili ya da üçlü bağların yerleri belirtilir. Zincirdeki karbon sayısına göre hidrokarbonun adından sonra hidroksil grubunun yeri belirtilip **-ol** eki getirilir.



2-Bütanol (Bütan-2-ol) | 2-Metil-3-pentanol | 2,2,4-Trimetil-3-pentanol



2,4-Dimetil-3-hekzanol | 2-Metil-1,4-pentadiol | 4-Metil-2,3,5-heptatriol



3-Büten-2-ol | 3-Pentin-2-ol | 6-Metil-4-heptin-2-ol

Alkollerin yaygın adlandırılması yapılırken hidroksil grubunun bağlı olduğu alkil grubunun adından sonra alkol kelimesi getirilir.



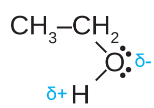
Metil alkol | Etil alkol | İzopropil alkol | İzobütil alkol



tersiyer Bütil alkol | sekonder Bütil alkol | Siklobütil alkol | Benzil alkol

Alkollerin Fiziksel Özellikleri

Alkollerin yapısında hidroksil (–OH) grubu bulunur. Hidroksil grubu hidrofil özellik gösterdiğinden alkoller polar moleküllerdir. Alkoller polar moleküller olduğundan kısmi artı (δ+) ve kısmi eksi (δ-) kutuplar içerir.



Yoğun fazda alkol molekülleri arasında bulunan hidrojen bağları polar moleküllerdeki dipol-dipol etkileşimlerinden ve apolar moleküller arasındaki London kuvvetlerinden daha güçlüdür. Moleküller arasında bulunan etkileşimlerin kuvveti arttıkça bileşiklerin kaynama noktaları yükselir. Aşağıda verilen tabloda bileşiklerin kaynama noktaları incelendiğinde metanolün kaynama noktasının en yüksek olduğu görülür (Tablo 3.7). Bunun nedeni metil alkol molekülleri arasında hidrojen bağlarının, metil klorür molekülleri arasında dipol-dipol etkileşimlerinin, metan molekülleri arasında ise London kuvvetlerinin etkin olmasıdır.

Bilgi Kutusu

Hidrofil; suda çözünen, suyu seven anlamına gelmektedir. –OH, $–NH_2$, –COOH, $–SO_3H$ gibi gruplar hidrofil gruptur ve bu grupları içeren organik bileşikler suda çözünür.

Hidrofob ise suda çözünmeyen, suyu sevmeyen anlamına gelmektedir. $–CH_3$, $–C_2H_5$, $–C_6H_5$ gibi gruplar hidrofob gruptur ve suda çözünmez.

$CH_3 – CH_2 – OH$

Hidrofob (apolar) — Hidrofil (polar)

Tablo 3.7: Bazı Bileşikler ve Kaynama Noktaları

Bileşik	Kaynama Noktası (°C)
CH_4	-162
CH_3Cl	-24
CH_3OH	64,7

Alkol molekülleri arasında hidrojen bağı bulunduğundan alkollerin kaynama noktaları aynı karbon sayılı hidrokarbonlardan daha yüksektir.

- Monoalkollerde karbon sayısı arttıkça London kuvvetleri de artacağından monoalkollerin erime ve kaynama noktaları yükselir.

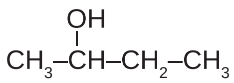
$CH_3–OH$	$C_2H_5–OH$	$C_3H_7–OH$
Metanol (64,7 °C)	Etanol (78,37 °C)	Propanol (97 °C)

- Aynı karbon sayılı monoalkollerde dallanmanın artması moleküllerin temas yüzeyini azaltacağından London kuvvetleri zayıflar ve bu durum monoalkollerin kaynama noktasının düşmesine sebep olur.

$CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–OH$

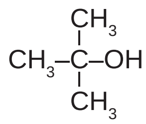
n-Bütil alkol (117,7 °C)

(Primer alkol)



sec-Bütil alkol (99,5 °C)

(Sekonder alkol)



ter-Bütil alkol (83 °C)

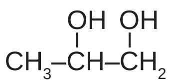
(Tersiyer alkol)

Aynı karbon sayılı primer, sekonder, tersiyer monoalkollerin kaynama noktası kıyaslandığında dallanmanın fazla olduğu tersiyer alkolün kaynama noktasının daha düşük, primer alkolün ise daha yüksek olduğu görülür.

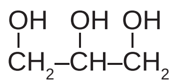
- Alkollerin yapısındaki hidroksil grubu sayısının artması hidrojen bağı sayısını artırır. Bu durum alkollerin kaynama noktasını da yükseltir.

$CH_3–CH_2–CH_2–OH$

Propanol (97 °C)



1,2-Propandiol (188,2 °C)

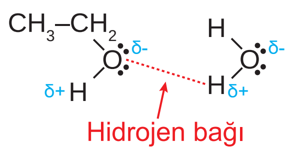


1,2,3-Propantriol (290 °C)

Alkoller, polarlığının yanı sıra su ile moleküller arası hidrojen bağı yapabildiğinden suda iyi çözünür ancak iyonlaşarak çözünmedikleri için elektrolit değildir. Yapılarında –OH bulunmasına rağmen suda iyonlaşmadıklarından bazik özellik göstermez. Alkoldeki hidroksil grubu sayısı arttıkça hidrofil grubun baskınlığı artacağından alkolün suda çözünürlüğü de artar. Aynı sayıda hidroksil grubu içeren alkollerde karbon sayısı arttıkça hidrofob grubun baskınlığı artacağından polarlık azalır. Polarlığın azalması alkollerin sudaki çözünürlüğünü azaltır.

$C_3H_7–OH$ | $C_4H_9–OH$ | $C_5H_{11}–OH$

Çözünürlük azalır. →



Önemli Alkoller

Metanol

Alkollerin en basit üyesi olan metanol, 64,7 °C'de kaynar ve açık mavi alevle yanar. Odunun havasız ortamda ve yüksek sıcaklıkta damıtılmasıyla elde edildiğinden metanole "odun alkolü" de denilmektedir.

Metanol çok zehirlidir; az miktarda yutulması körlüğe, çok miktarda yutulması ölüme yol açabilir. Buharının solunmasıyla da metanol zehirlenmesi meydana gelebilir.

Metanol araçlarda yakıt olarak da kullanılabildiğinden günümüzde metanolun alternatif yakıt olarak kullanılması için çalışmalar yapılmaktadır.

Etanol (Etil Alkol)

En yaygın kullanım alanına sahip olan alkollerden etanol, 78 °C'de kaynayan organik bir bileşiktir. Etanol, şekerin fermantasyonuyla elde edilebilir. Fermantasyon genellikle suyla şeker karışımına maya katılarak yapılır. Maya; içerdiği enzimlerle şekeri, etanol ve karbondiokside dönüştürür.

$$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{Maya}} 2C_2H_5OH + 2CO_2$$

Etanol, şekerin fermantasyonundan elde edilebildiği gibi alkil halojenürlerin seyreltik NaOH ya da KOH çözeltileri ile tepkimesinden de elde edilebilir. Bu tepkimede alkil halojenürdeki halojen ile NaOH ya da KOH çözeltisindeki hidroksil iyonu yer değiştirerek etanol elde edilir.

$$\underbrace{CH_3{-}CH_2{-}Cl}_{\text{Etil klorür}} + KOH \xrightarrow[\text{Seyreltik}]{\text{Isı}} \underbrace{CH_3{-}CH_2{-}OH}_{\text{Etanol}} + KCl$$

$$\underbrace{CH_3{-}CH_2{-}Cl}_{\text{Etil klorür}} + NaOH \xrightarrow[\text{Seyreltik}]{\text{Isı}} \underbrace{CH_3{-}CH_2{-}OH}_{\text{Etanol}} + NaCl$$

Etanol, endüstri için de önemli bir kimyasaldır. Endüstriyel amaçlı kullanılan etanolün büyük bir kısmı etenin asidik ortamda su ile tepkimesinden elde edilir.

$$CH_2{=}CH_2 + H_2O \xrightarrow{\text{Asit}} CH_3{-}CH_2{-}OH$$

Etanol; tahıl, darı ve şeker kamışı gibi bitkilerin fermantasyonuyla üretilebildiği için aynı zamanda yenilenebilir bir enerji kaynağıdır (Görsel 3.7). Etanol elde edildikten sonra benzinle çeşitli oranlarda karıştırılarak kullanılabilir. Ancak etanol, benzine göre daha düşük enerjiye sahiptir.

Etanol, sağlık alanında lokal antiseptik olarak kullanılmaktadır. Etanol cilt üzerindeki bakterileri %90'a kadar azaltabildiği için cildin bakterilerden arındırılmasında kullanılır. İyi bir çözücü olan etanol ilaç yapımında, parfüm (Görsel 3.8) ve kolonya üretiminde kullanılmaktadır.



Görsel 3.7: Biyoetanol



Görsel 3.8: Parfümler

4. BÖLÜM
ETERLER

Konular

3.4.1. Eterlerin Genel Özellikleri ve Sınıflandırılması

Anahtar Kavramlar

• Eter

Eter sözcüğü çoğu kimseye göre, çok bilinen bir bayıltıcının diğer adıdır. Eter aynı zamanda araba motorlarının ilk ateşlemesi için kullanılan sıvının bir katkı maddesidir. Benzin katkı maddesi MTBE (ter-bütil metil eter) ve etilen oksit (antifiriz olarak kullanılan ve poliester sentezinin ham maddesi etilen glikolün endüstriyel çıkış maddesi) sentetik eterlerdir.

Günümüzde eter ya da alkol fonksiyonel grubunu içeren moleküllerin yüzlercesi bilinmektedir. Bu bileşiklerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin bilinmesi farklı ürünler oluşturulmasında faydalı olacaktır. Hatta bu bilgiler kullanılarak önemli özelliklere sahip yeni ürünler üretilebilir.

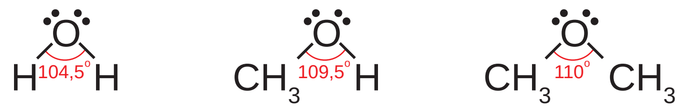
Bu bölümde eterlerin adlandırılmasını, özelliklerini, kullanım alanlarını ve eterlerin alkollerle yapısal izomerliğini öğreneceksiniz.



3.4.1. Eterlerin Genel Özellikleri ve Sınıflandırılması

Eter denildiğinde genellikle tıpta anestezik olarak kullanılan dietileter akla gelir. Oysa dietileter, eterler diye bilinen organik bileşikler grubunun üyelerinden sadece biridir. Genel formülleri $C_nH_{2n+2}O$ olan eterler, bir oksijen molekülüne iki radikal grubun (R–) bağlı olduğu bileşiklerdir. Eterler, su molekülündeki 2 hidrojen atomunun aynı ya da farklı iki radikal grupla yer değiştirmesi sonucu oluşan bileşiklerdir. Bu bileşikler bir kez alkillenmiş alkol veya iki kez alkillenmiş su olarak da düşünülebilir.

H–Ö–H	R–Ö–H	R–Ö–R
Su	Alkol	Eter



Alifatik, aromatik ya da her iki yapıda olabilen eterler, genel olarak R–O–R ya da R–O–R' şeklinde gösterilebilir. Eterler, R ile R' aynı ise simetrik (basit) eter; R ve R' birbirinden farklı ise asimetrik (karışık) eterler olarak adlandırılır. Eterlerin sınıflandırılması aşağıda gösterilmiştir (Şekil 3.3).

ETERLER

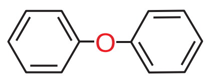
Simetrik Eterler (Basit Eterler)	Asimetrik Eterler (Karışık Eterler)
R = R'	R ≠ R'
(R–O–R')	(R–O–R')

Şekil 3.3: Eterlerin sınıflandırılması

Simetrik ve asimetrik eterlere aşağıdaki örnekler verilebilir.

$CH_3–O–CH_3$ — Simetrik eter

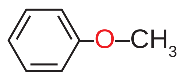
$CH_3–CH_2–O–CH_2–CH_3$ — Simetrik eter



Simetrik eter

$CH_3–CH_2–O–CH_3$ — Asimetrik eter

$CH_2= CH–O–CH_3$ — Asimetrik eter



Asimetrik eter

Eterlerin Adlandırılması

Eterlerin sistematik adlandırılması pek kullanılmadığından eterler adlandırılırken genellikle oksijene bağlı alkil ya da aril gruplarının adı alfabetik sırayla yazılır ve sonuna **eter** sözcüğü getirilir. Ancak büyük molekül yapılı eterler ve birden fazla eter bağı içeren bileşiklerin adlandırılmasında IUPAC adlarının kullanılması gerekir. Bu adlandırmada aşağıdaki kurallar uygulanır.

1. IUPAC adlandırmasında oksijene bağlı en uzun karbon zinciri seçilerek numaralandırılır.
2. Karbonlara numara verilirken alkoksi (RO–) grubuna yakın uçtan başlanır.

Alkoksi	R–O–
Metoksi	$CH_3–O–$
Etoksi	$C_2H_5–O–$
Propoksi	$C_3H_7–O–$
İzopropoksi	$CH_3–CH(CH_3)–O–$

3. Bileşik adlandırılırken alkoksi grubunun yeri ve adı belirtilerek ana zincirdeki karbon sayısına karşılık gelen hidrokarbonun adı söylenir.

CH_3-O-CH_3

Metoksimetan
(Dimetil eter)

$CH_3-O-\overset{1}{C}H_2-\overset{2}{C}H_3$

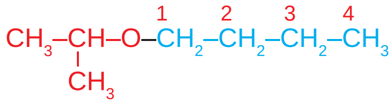
Metoksietan
(Etil metil eter)

$CH_3-CH_2-O-\overset{1}{C}H_2-\overset{2}{C}H_3$

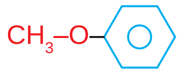
Etoksietan
(Dietil eter)

$C_2H_5-O-\overset{1}{C}H_2-\overset{2}{C}H_2-\overset{3}{C}H_2-\overset{4}{C}H_3$

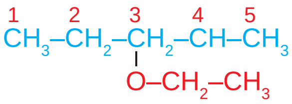
1-Etoksibütan
(Bütil etil eter)



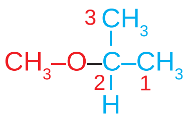
1-İzopropoksibütan
(Bütil izopropil eter)



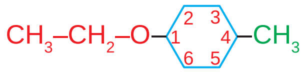
Metoksibenzen
(Fenil metil eter)



3-Etoksipentan



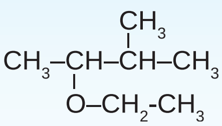
2-Metoksipropan
(İzopropil metil eter)



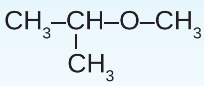
1-Etoksi-4-metilsiklohekzan

15. Alıştırma

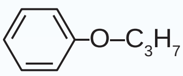
Aşağıda formülleri verilen bileşiklerin IUPAC adlarını yazınız.

a) 

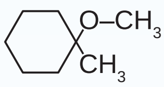
....

b) 

....

c) 

....

ç) 

....

16. Alıştırma

Aşağıda adı verilen eterlerin formüllerini yazınız.

a) Dipropil eter b) Divinil eter c) Etil fenil eter

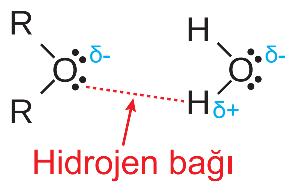
ç) Difenil eter d) Metoksi benzen e) Etil izopropil eter

Cevaplar

Eterlerin Fiziksel Özellikleri

Eterler, yapısındaki oksijen atomunun iki farklı karbon atomuna bağlı olmasından dolayı alkollerden farklı özellikler gösterir. Eterlerin bazı fiziksel özellikleri şunlardır:

- Eterlerin molekül geometrileri su ve alkol bileşikleri gibi açısaldır.
- Eterler renksizdir ve kendilerine özgü kokuları vardır.
- Polar yapılı bileşiklerdir.
- Yoğunlukları genellikle suyun yoğunluğundan küçüktür.
- Eter molekülleri arasında hidrojen bağı yoktur. Ancak eter molekülündeki oksijen atomunun ortaklanmamış elektron çiftiyle su molekülündeki hidrojen atomu arasında moleküller arası hidrojen bağı oluşur. Bu nedenle suda çözünür.



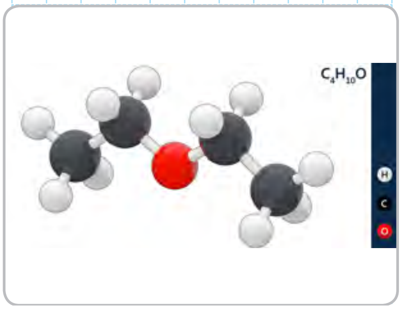
Eterlerin yapısındaki oksijen atomuna bağlı bir hidrojen atomu olmadığından eter molekülleri arasında hidrojen bağı oluşmaz. Bu nedenle eterlerin kaynama noktaları, aynı sayıda karbon atomu içeren alkollerden daha düşüktür. Örneğin etil alkolün kaynama noktası 78,3 °C, mol kütlesi daha fazla olan dietileterin kaynama noktası 34,6 °C'dir. Ancak eter molekülleri, alkollerle hidrojen bağı oluşturabildiğinden alkoller ve eterler birbiri içerisinde çözünür. Dimetil eter gibi düşük mol kütleli eterler suda daha fazla çözünürken karbon sayısı fazla olan dietil eter suda az çözünür. Bazı alkol ve eterlerin fiziksel özellikleri aşağıda verilmiştir. (Tablo 3.8).

Tablo 3.8: Bazı Alkol ve Eterlerin Fiziksel Özelliklerinin Karşılaştırılması

Bileşiğin Adı	Formülü	KN (°C)	M_A (g/mol)	Sudaki Çözünürlükleri (g/100 cm^3 su)
1-Bütanol	$CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–OH$	118	74	8,3
Dietileter	$CH_3–CH_2–O–CH_2–CH_3$	34,6	74	8
Etanol	$CH_3–CH_2–OH$	78,3	46	Her oranda
Dimetileter	$CH_3–O–CH_3$	-24	46	71

Eterlerin Çözücü Özellikleri

Eterler; seyreltik asitler, bazlar ve sık kullanılan yükseltgen ve indirgenlerle genellikle tepkime vermez. Çünkü yapısında bulunan C–O bağı kolay kopmaz. Bu nedenle eterler kimyasal tepkimelere karşı oldukça ilgisiz (inert) bileşiklerdir. Organik reaksiyonlarda çözücünün reaksiyona katılmaması önemlidir. Polarlığının az olması nedeniyle eterler, organik maddeler için iyi bir çözücüdür.



Görsel 3.9: Dietil eterin top çubuk modeli

Eterler, organik bileşiklerin özütlenmesinde de kullanılır. Özellikle dietil eter bu işlem için çok elverişlidir (Görsel 3.9). Düşük kaynama noktasına sahip oluşu, özütten kolaylıkla uzaklaştırılabilmesini ve damıtılarak kolaylıkla geri elde edilmesini sağlar. Bununla birlikte eterler, yanıcılığı yüksek olan bileşiklerdir. Bu nedenle laboratuvarda eterle çalışılıyorsa yakınında bek alevi olmamalıdır. Ayrıca eterler laboratuvarlarda

açıkta bırakılmamalıdır. Çünkü bazı eterler havadaki oksijenle etkileşerek patlayıcı özelliğe sahip peroksitleri oluşturur. Bu nedenle laboratuvarda eterle çalışılacaksa oluşan peroksit, ortamdan mutlaka uzaklaştırılmalıdır.

Eterlerin Kullanım Alanları

Eterler çoğunlukla analitik kimya ve tıp alanında kullanılır. Dietileterin (lokman ruhu) kaslar üzerinde gevşetici etkisi vardır. Bu nedenle eskiden anestezik olarak kullanılmıştır (Görsel 3.10). Ancak dietileter; nabzı, solunumu ve kan basıncını etkiler, solunum yollarını tahriş eder, mide bulantısı yaparak kusmaya sebep olur. Bu yan etkilerinden dolayı eterlerin anestezide kullanımı azalmaktadır.



Görsel 3.10: Eterin anestezik amaçlı kullanımı

Asimetrik bir eter olan ter-Bütil metil eter, sanayide MTBE diye adlandırılır ve benzinin oktan sayısını artırmak için kullanılır. Depolanması ve taşınması esnasında çevre kirliliğine sebep olma ihtimalinden dolayı son zamanlarda kullanımından vazgeçilmiştir.

Alkol-Eter İzomerliği

Aynı karbon sayılı monoalkoller ile eterler birbirinin fonksiyonel grup izomeridir.

Fonksiyonel grup izomerliği yapı izomerliğinin bir çeşididir. Kapalı formülleri aynı fonksiyonel grupları ve açık formülleri farklı olan bileşiklerin oluşturduğu izomerliğe **fonksiyonel grup izomerliği** denir.

Aynı karbon sayılı mono alkoller ile eterler fonksiyonel grup izomeridir. Örneğin dimetileter ve etanolün molekül formülü C_2H_6O şeklindedir. Ancak yapı formülleri ve fonksiyonel grupları birbirinden farklı olduğundan bu iki madde birbirinin fonksiyonel grup izomeridir.

$CH_3{-}O{-}CH_3$	ile	$CH_3CH_2{-}OH$
Dimetil eter		Etanol
C_2H_6O		C_2H_6O

Aynı şekilde dietil eter ile 1-bütanol de birbiriyle izomerdir.

$CH_3{-}CH_2{-}O{-}CH_2{-}CH_3$	ile	$CH_3CH_2CH_2CH_2{-}OH$
Dietil eter		1-Bütanol
$C_4H_{10}O$		$C_4H_{10}O$

Örnek

Kapalı formülleri C_3H_8O olan, fonksiyonel grubu farklı iki bileşiğin adını ve formülünü yazınız.

Çözüm

$CH_3CH_2OCH_3$	ile	$CH_3CH_2CH_2OH$	veya	$CH_3{-}CH(OH){-}CH_3$
Etil metil eter		n-Propanol		2-Propanol

5. BÖLÜM
KARBONİL BİLEŞİKLERİ

Konular

3.5.1. Karbonil Bileşiklerinin Sınıflandırılması ve Özellikleri

Anahtar Kavramlar

- Aldehit
- Keton

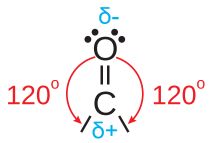
Alhedit ve keton içeren bazı maddeleri tatmış veya koklamışsınızdır. Örneğin badem kokusu benzaldehitten, tarçın sinnamaldehitten ve nane R–karvondan gelmektedir. Ayrıca diğer bazı koku ve tatlar aldehit ve ketonlardan kaynaklanmaktadır.

Bu bölümde karbonil bileşiklerin sınıflandırılmasını, adlarını, formüllerini, özelliklerini ve kullanım alanlarını öğreneceksiniz.

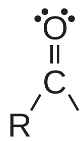


3.5.1. Karbonil Bileşiklerinin Sınıflandırılması ve Özellikleri

İkili bağla birbirine bağlanmış karbon ve oksijen elementlerinden oluşan, oksijenin üzerinde iki tane eşleşmemiş elektron çifti bulunduran gruba **karbonil grubu** denir. Karbonil grubundaki karbonun hibrit türü sp^2dir. Grubun bütün bağ açıları (yaklaşık 120°) birbirine eşittir. Oksijen elementinin elektronegatifliği karbon elementinden büyük olduğundan oksijen kısmi negatif (δ-), karbon ise kısmi pozitif (δ+) yüklenir. Bu elektronegatiflik farkı çok yüksek olduğundan karbonil grubu oldukça polardır. Karbonil grubunun şekli aşağıdaki gibidir.



Karbonil grubuna bir tane alkil (R) bağlanmasıyla elde edilen radikal gruba **açil grubu** denir.



Açil grubuna farklı gruplar bağlanarak aşağıda gösterilen karbonil bileşikleri elde edilebilir (Şekil 3.4).

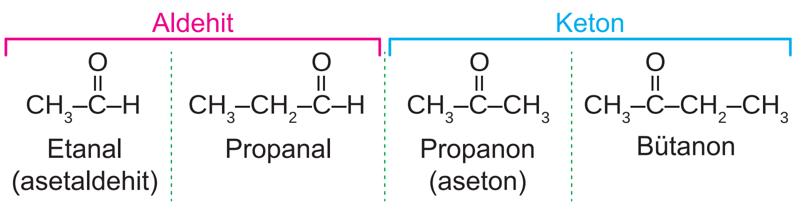


Şekil 3.4:Karbonil bileşikleri

Aldehit ve Ketonlar

Karbonil grubuna bir tane hidrojen atomu ve radikal grubun bağlanmasıyla oluşan bileşiklere **aldehit**, iki tane radikal grubun bağlanmasıyla oluşan bileşiklere **keton** denir.





Aldehitlerin ilk üyesi olan formaldehit bileşiğinde karbonil grubuna iki tane hidrojen atomu bağlanmıştır.

$$H-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-H$$

Formaldehit

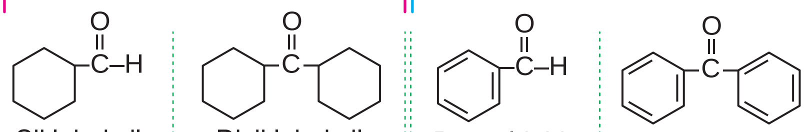
Karbonil grubuna bağlı olan radikal gruplar aynı ise **basit (simetrik) keton**, farklıysa **karışık (asimetrik) keton** denir.

Keton

Basit keton	Karışık keton
$C_2H_5-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-C_2H_5$	$CH_3-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-CH_2-CH_3$
3-Pentanon	Bütanon

Aldehit ve ketonlar düz zincirli olabilecekleri gibi halkalı ya da aromatik yapıda olabilir.

Halkalı (Siklo) Aldehit ve Keton | Aromatik Aldehit ve Keton



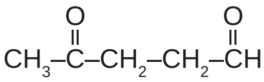
Siklohekzil metanal | Disiklohekzil keton | Benzaldehit | Difenil keton

Keton ve aldehitlerin yapı formülleri farklı olsa da genel formülleri $C_nH_{2n}O$ şeklindedir. Aldehitler bir karbonlu olabilirken ketonlar en az üç karbonludur. Aşağıda bazı aldehit ve ketonların molekül ve yapı formülleri gösterilmiştir (Tablo 3.9).

Tablo 3.9: Bazı Aldehit ve Ketonların Molekül ve Yapı Formülleri

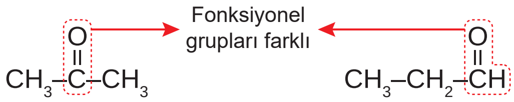
Molekül Formülü	Yapı Formülü	Ait Olduğu Grup
CH_2O	$H-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H$	Aldehit
C_2H_4O	$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H$	Aldehit
C_3H_6O	$CH_3-CH_2-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H$	Aldehit
	$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-CH_3$	Keton
$C_5H_{10}O$	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H$	Aldehit
	$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-CH_2-CH_2-CH_3$	Keton

Bir bileşikte hem aldehit hem de keton grubu bulunabilir.



Aldehit ve ketonların molekül formülleri aynı, yapı formülleri farklı olduğundan aldehit ve ketonlar birbirlerinin yapı izomeridir.

Aldehit ve ketonların yapı formüllerinin farklı olmasının nedeni içerdikleri fonksiyonel grupların farklı olmasıdır. Fonksiyonel grup farklılığından kaynaklı bu izomerliğe **fonksiyonel grup izomerliği** denir.



C_3H_6O Keton

C_3H_6O Aldehit

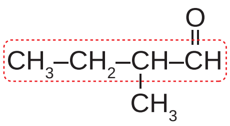
Ketonların ilk üyesi üç karbonlu olduğundan bir ve iki karbonlu aldehitlerin keton izomeri yoktur.

Aldehit ve Ketonların Adlandırılması

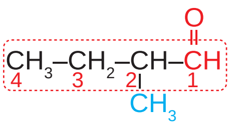
Aldehit ve ketonlar IUPAC adlandırma kurallarına göre adlandırılır.

Aldehitler adlandırılırken şu kurallar dikkate alınır:

1. Karbonil grubu içeren en uzun karbon zinciri (ana zincir) seçilir.

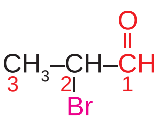


2. Karbonil grubundan başlanarak uzun zincir numaralandırılır.

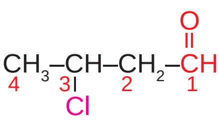


2-Metil bütanal

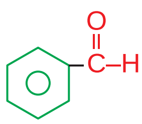
3. Aldehitler, dallanmaların bulunduğu karbon numaraları ve dal adları yazıldıktan sonra ana zincirdeki karbon sayısına karşılık gelen hidrokarbonun adının sonuna **-al** eki getirilerek adlandırılır.



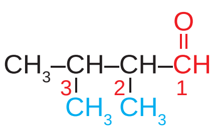
2-Bromo propanal



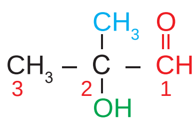
3-Kloro bütanal



Fenil metanal (Benzaldehit)



2,3-Dimetil bütanal



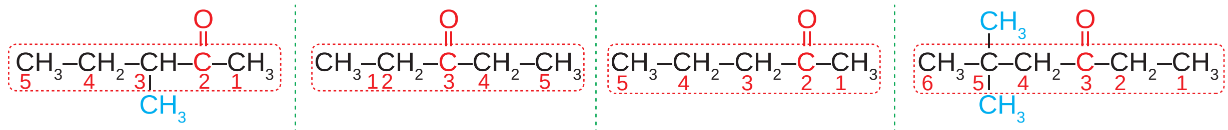
2-Hidroksi-2-metil- propanal

Bazı aldehitlerin IUPAC ve yaygın adları aşağıda verilmiştir (Tablo 3.10).

Tablo 3.10: Bazı Aldehitlerin IUPAC ve Yaygın Adları

Aldehit	IUPAC	Yaygın Adı
$H-C(=O)-H$	Metanal	Formaldehit
$CH_3-C(=O)-H$	Etanal	Asetaldehit
$CH_3-CH_2-C(=O)-H$	Propanal	Propiyonaldehit

Ketonların adlandırılmasında aldehitlerden farklı olarak karbonil grubunun yeri belirtilir ve türediği alkanın sonuna **–on** eki getirilir.

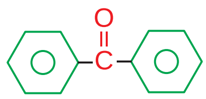


3-Metil-2-pentanon | 3-Pentanon | 2-Pentanon | 5,5-Dimetil-3-hekzanon

Üç ve dört karbonlu ketonlarda karbonil grubu farklı konumlarda yazılamayacağından karbonil grubunun yeri belirtilmeden adlandırılır.

$CH_3-C(=O)-CH_3$ Propanon | $CH_3-CH_2-C(=O)-CH_3$ Bütanon

Ketonların yaygın adlandırılmasında, karbonil grubuna bağlı olan radikal grupların adlarından sonra **keton** kelimesi getirilir. Alkil adları söylenirken alfabetik sıra takip edilir.

$CH_3-C(=O)-CH_3$ Dimetil keton | $CH_3-CH_2-C(=O)-CH_3$ Etil metil keton |  Difenil keton

Bilgi Kutusu

Basit şeker olarak da adlandırılan glikoz aldehit, fruktoz keton yapılı bileşiklerdir.

Aldehit ve Ketonların Fiziksel Özellikleri

Aldehit ve ketonlar karbonil grubu içerdiklerinden polar bileşiklerdir. Kaynama noktaları, aynı karbon sayılı hidrokarbonların kaynama noktasından daha yüksektir. Ancak molekülleri arasında hidrojen bağı bulunan aynı karbon sayılı alkollerin kaynama noktasından düşüktür. Su gibi polar yapılı çözücülerde çözünürler. Karbon sayıları artıkça aldehit ve ketonların polarlıkları azalacağından çözünürlükleri azalır.

Aldehit ve Ketonların Kimyasal Özellikleri

Aldehit ve ketonlar yanma, katılma, indirgenme gibi benzer kimyasal tepkimeler verir. Aldehitler, yapısında karbonil grubuna bağlı hidrojen bulundururken ketonlar bulundurmaz. Bu nedenle aldehit ve ketonların kimyasal özellikleri birbirinden farklıdır.

Karbonil grubunda bulunan oksijen elementinin elektronegatifliği karbondan fazla olduğundan bağ elektronlarını kendine doğru çeker ve karbonun pozitifliğini artırır. Bu durum aldehitlerde karbonil grubuna bağlı olan hidrojen atomunu aktifleştirir ve yükseltgenerek karboksilik asidi oluşturmasını sağlar. Aldehitlerin ilk üyesi formaldehit, diğer aldehitlerden farklı olarak iki kez yükseltgenerek karbonik asite (H_2CO_3) dönüşür. Ketonlar ise karbonil grubuna bağlı hidrojen içermediğinden yükseltgenmez. Ancak özel koşulların sağlanmasıyla yükseltgenebilir. Aldehitler yükseltgendiğinde karboksilik asitler oluşur.

$$\underset{\text{Aldehit}}{R{-}\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}{-}H} + \frac{1}{2}O_2 \xrightarrow{KMnO_4} \underset{\text{Karboksilik asit}}{R{-}\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}{-}OH}$$

Yukarıdaki tepkimede aldehit yükseltgenerek karboksilik asite dönüşmüştür. Potasyum permanganat ($KMnO_4$) bu tepkimede yükseltgen özellik göstermiştir.

Aldehitler bazik ortamda Fehling ve Tollens ayıraçları (çözeltileri) ile yükseltgenip karboksilik asit oluşturabilir.

Tollens ayıracı, amonyaklı gümüş nitrat çözeltisidir. Bu çözeltiyle tepkimeye giren aldehitler karboksilik aside yükseltgenir, çözeltide bulunan Ag^+ iyonları da indirgenerek **gümüş aynası**nı oluşturur (Görsel 3.11).

$$\underset{\text{Asetaldehit}}{CH_3{-}\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}{-}H} + 2Ag^+ + 2OH^- \xrightarrow{NH_3} CH_3{-}\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}{-}OH + \underset{\text{Gümüş aynası}}{2Ag(k)} + H_2O$$

Fehling ayıracı, bakır(II) sülfat ($CuSO_4$) ve sodyum potasyum tartarat ($NaKC_4H_4O_6$) içeren çözeltiye sodyum hidroksit (NaOH) karıştırılması sonucu elde edilen ve içerisinde Cu^{2+} iyonlarını bulunan bazik çözeltidir.

Aldehitler, bu çözeltiyle yükseltgenme tepkimesi verirken çözeltide bulunan Cu^{2+} iyonları Cu^+ iyonlarına indirgenir ve kırmızı renkli Cu_2O katısı şeklinde çökelir. Aldehitler ise karboksilik aside yükseltgenir.

$$CH_3{-}\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}{-}H + 2Cu^{2+} + 4OH^- \xrightarrow{NH_3} CH_3{-}\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}{-}OH + Cu_2O + 2H_2O$$

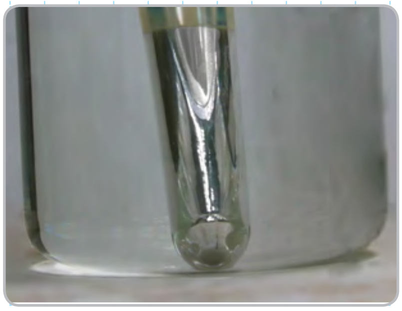
Aldehitler ve ketonlar, yapılarında bulunan karbonil grubundan dolayı uygun koşullarda indirgenme tepkimesi verir. İndirgenme tepkimesi gerçekleşirken karbonil grubuna hidrojen katılır. Aldehitler indirgenirse primer alkoller, ketonlar indirgenirse sekonder alkoller oluşur.

$$\underset{\text{Aldehit}}{CH_3{-}\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}{-}H + H_2} \xrightarrow{NaBH_4} \underset{\text{Primer alkol}}{CH_3{-}CH_2{-}OH}$$

$$\underset{\text{Keton}}{CH_3{-}\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}{-}CH_3 + H_2} \xrightarrow{NaBH_4} \underset{\text{Sekonder alkol}}{CH_3{-}\overset{\overset{\displaystyle OH}{|}}{C}H{-}CH_3}$$

Bilgi Kutusu

$KMnO_4$ ve $K_2Cr_2O_7$ yaygın kullanılan yükseltgen maddelerdir. Yükseltgenme tepkimeleri $\xrightarrow{[O]}$ şeklinde de gösterilir.



Görsel 3.11: Gümüş aynası

Bilgi Kutusu

$LiAlH_4$ ve $NaBH_4$ yaygın kullanılan indirgen maddelerdir. İndirgenme tepkimeleri $\xrightarrow{[H]}$ şeklinde de gösterilir.

Aldehit ve Ketonların Kullanım Alanları

Aldehit ve ketonlar genellikle gıda ve kozmetik alanlarında kullanılır. Aşağıda bazı aldehit ve ketonların özellikleri ve kullanım alanları verilmiştir.

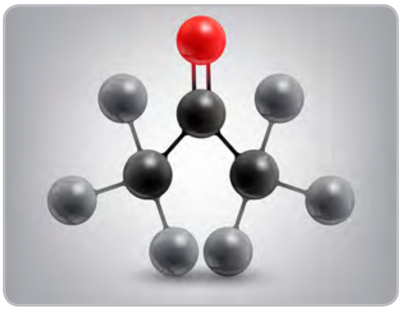
Formaldehit: Aldehit grubunun ilk üyesidir. Suda iyi çözünür. Renksizdir, oda koşullarında gaz hâlinde bulunur.

Formaldehit ve polimerleri mikrop öldürücü olduklarından dezenfektan olarak kullanılır. Ayrıca bazı sıvı sabun ve şampuanlarda kullanılmaktadır.

Formaldehitin %40'lık çözeltisi olan formalin, proteinleri sertleştirip bozulmalarını önler. Bu nedenle proteince zengin gıdaların korunmasında, tıpta analizi yapılacak dokuların bozulmadan uzun süre saklanmasında kullanılır.

Asetaldehit: Basıncın 1 atm olduğu ortamda kaynama noktası 21 °C olan asetaldehit renksiz, keskin kokulu ve zehirli bir sıvıdır. Suyla her oranda çözünür. Asetaldehit organik bileşikler ve yapay kauçuk elde etmek için kullanılır. Ayrıca gıdalarda doğala özdeş aroma verici olarak kullanılır.

Benzaldehit: Aromatik yapılı aldehitlerin ilk üyesi olan benzaldehit kozmetik ve boyar madde endüstrisinde başlangıç maddesi olarak kullanılır. Bademin yapısında bulunan benzaldehit, asetaldehitle birlikte hazır gıdalarda doğal aroma verici olarak kullanılır.



Görsel 3.12: Asetonun top çubuk modeli

Aseton: Ketonların ilk üyesi olan aseton; renksiz, kendine has kokusu olan, suyla homojen karışım oluşturan ve oda koşullarında sıvı hâlde olan, uçuculuğu yüksek bir maddedir (Görsel 3.12). Kanda eser miktarda, diyabet hastalarının idrarında ise fazla miktarda bulunur. İyi bir çözücü olan aseton halk arasında oje çözücü olarak bilinir. Ayrıca yağ, mum, reçine, kauçuk, plastik, lak, vernik vb. maddeler için de çözücü olarak kullanılır.



Görsel 3.13: Tarçın

Tarçında (Görsel 3.13) sinnamaldehit, vanilyada vanilin aldehidi bulunmaktadır.

17. Alıştırma

Aseton ve asetaldehit bileşikleriyle ilgili,

I. Fonksiyonel grup izomeridirler.

II. Amonyaklı $AgNO_3$ çözeltisiyle gümüş aynası oluştururlar.

III. Yanıcıdırlar.

yargılardan hangileri doğrudur?

Cevap

6. BÖLÜM
KARBOKSİLİK ASİTLER

Konular

3.6.1. Karboksilik Asitler ve Sınıflandırılması

Anahtar Kavramlar

- Karboksilik asit
- Yağ asidi

Sirkenin tadı, karınca ısırığının acısı, bozulmuş tereyağının kokusu, aspirinin iyileştirme etkisi, organik kimyanın önemli bir ailesini oluşturan karboksilik asitlerden ileri gelir. Polyester ve naylon dokumaların esnekliği, ipeğin yumuşaklığı, insanların hücre zarlarının sağlamlığı karboksilik asit türevlerinin özelliklerinden dolayıdır.

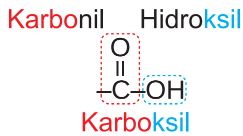
Karboksilik asitler doğada yaygın olarak bulunur. Yeşil yapraklı sebzeler oksalik asit bakımından, turunçgiller sitrik asit bakımından zengindir.

Bu bölümde karboksilik asitlerin sınıflandırılmalarını, formüllerini, adlarını ve kullanım alanlarını öğreneceksiniz.



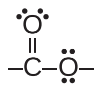
3.6.1. Karboksilik Asitler ve Sınıflandırılması

Karboksilik asitlerin fonksiyonel grubu karboksil grubudur. Bu ad karbonil ve hidroksil gruplarından türetilmiştir. Karbonil grubuna bir hidroksil grubu bağlanması ile oluşan yapıya **karboksil grubu**, bu grubu taşıyan R–COOH yapısındaki bileşiklere ise **karboksilik asitler** denir.



Genel formülleri $C_nH_{2n}O_2$ olan monokarboksilik asitler, R–C(=O)–OH, R–COOH veya R–CO_2H şeklinde gösterilir.

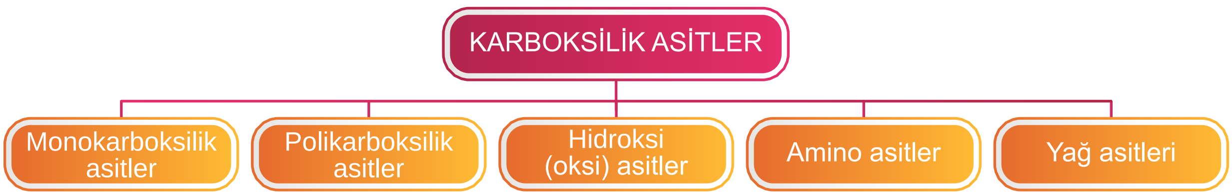
Karboksilik asitler zayıf asitlerdir. Karboksilik asitlerin asitliği, yapılarındaki



grubunun elektron çekiciliği ile açıklanır. Karboksil grubunun elektron çekme özelliğinden dolayı negatif yük tek bir atom üzerinde değil, iki oksijen atomu üzerinde eşit olarak dağılır. Negatif yükün yarısı bir oksijene, diğer yarısı diğer oksijene aittir. Negatif yük molekül üzerinde eşit olarak dağılmıştır. Bu durum karboksilik asitlerin su içerisinde ortama H^+ iyonu vermesini sağlar.

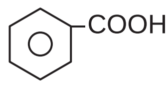
$$\text{R-COOH} \rightleftharpoons \text{R–COO}^-(suda) + \text{H}^+(suda)$$

Karboksil grubuna (–COOH) bir hidrojen atomu bağlanarak en küçük karboksik asit (H–COOH) oluşurken diğer karboksilik asitlerde bir radikal grup, karboksil grubuna bağlıdır. Karboksilik asitler, karboksil sayısına ve yapısındaki fonksiyonel gruplara göre aşağıdaki gibi sınıflandırılır (Şekil 3.5).



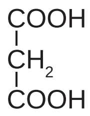
Şekil 3.5: Karboksilik asitlerin sınıflandırılması

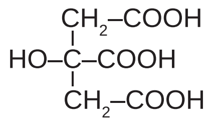
Monokarboksilik Asitler: Yapısında bir tane karboksil (–COOH) grubu bulunan bir değerlikli asitlerdir. Genel formülleri $C_nH_{2n}O_2$dir.

H–COOH	CH_3–COOH	
Formik asit	Asetik asit	Benzoikasit

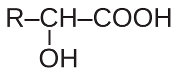
Polikarboksilik Asitler: Yapısında birden fazla karboksil (–COOH) grubu bulunan asitlerdir. Polikarboksilik asitlerin değerliği yapısında bulunan karboksil (–COOH) sayısına eşittir.


Etandioik asit


Propandioik asit

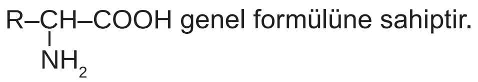

Sitrik asit

Hidroksi (Oksi) Asitler: Yapılarında –OH grubu bulunan asitlerdir.

 genel formülüne sahiptir.

Hidroksi asitler meyve asitleridir. Glikolik asit şeker kamışından, laktik asit ekşi yoğurttan, mandelik asit acı bademden, malik asit elmadan, sitrik asit limon veya ıhlamurdan elde edilir. Hidroksi asitler, özellikle deri hastalıklarında şekil ve fonksiyon bozukluklarının giderilmesinde kullanılmaktadır. Bu asitler kozmetikte de kullanılmaktadır.

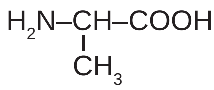
Amino Asitler: Yapılarında $-NH_2$ (amino) grubu bulunduran asitlerdir.

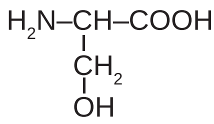
 genel formülüne sahiptir.

Amino asitler canlılarda birçok fonksiyonu yerine getirir. Bunların en önemlisi amino asitlerin proteinlere ait polipeptit zincirlerinin yapı taşları olmalarıdır. Doğadaki sayılarının fazlalığına rağmen sadece 20 amino asit vücudumuzdaki proteinlerin yapısına katılır.

Proteinlerin sentezinde kullanılan amino asitlerin genel yapıları aynıdır. Amino asitler; karboksilik asit grubu, amino grubu ve R– (alkil) grubu olarak da adlandırılır.

H_2N-CH_2-COOH
Glisin


Alanin


Serin

Yağ Asitleri: Çift karbon sayılı ve düz zincirli monokarboksilik asitlerdir.

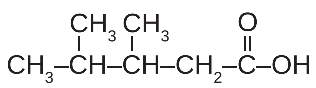
C_3H_7-COOH	$C_5H_{11}-COOH$	$C_7H_{15}-COOH$
Bütanoik asit	Hekzanoik asit	Oktanoik asit

> **Bilgi Kutusu**
>
> 22 tane amino asidin 20 tanesi protein sentezi sırasında hücreler tarafından kullanılır. Diğer 2 amino asit poliasit zinciri eksiksiz tamamlandıktan sonra sentezlenir.

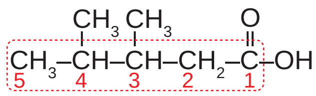
Karboksilik Asitlerin Adlandırılması

Karboksilik asitler IUPAC sistemine göre adlandırılırken aşağıdaki kurallar dikkate alınır.

1. Yapısında karboksil (–COOH) grubunun bulunduğu en uzun C zinciri seçilir.

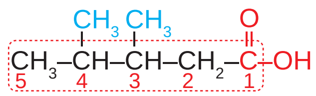


2. Karboksil $(-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH)$ grubunun karbon atomundan başlanarak zincirdeki karbon atomları numaralandırılır.



3. Zincire bağlı atom ya da grupların adı, yeri ve sayısı belirtilir.

4. Karboksilik asit, bir alkan gibi belirtilip adının sonuna **-oik asit** getirilir.

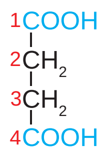


3,4-Dimetil pentanoik asit

5. Polikarboksilik asitlerde, bileşiğin adının sonuna karboksil sayısına bağlı olarak iki tane –COOH varsa **-dioik**, üç tane –COOH varsa **-trioik** ekleri getirilir.

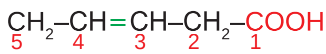


Etandioik asit



1,4-Bütandioik asit

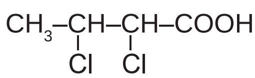
6. Karboksilik asit bileşiğindeki karbon zincirinde çift bağ (=) bulunuyorsa çift bağın yeri belirtilir.

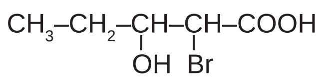


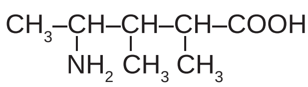
3-Pentenoik asit

Örnek

Aşağıdaki karboksilik asitleri IUPAC kurallarına göre adlandırınız.

a) 

b) 

c) 

ç) $CH_2=CH-CH_2-COOH$

Çözüm

a) 2,3-Dikloro bütanoik asit

b) 2-Bromo-3-hidroksi pentanoik asit

c) 4-Amino-2,3-dimetil pentanoik asit

ç) 3-Bütenoik asit

18. Alıştırma

Aşağıdaki karboksilik asitleri IUPAC kurallarına göre adlandırınız.

a) $CH_3-\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{|}{C}}H-COOH$

b) $\underset{\displaystyle Br}{\underset{|}{C}}H_2-CH=CH-COOH$

c) $CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}H-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}H-\underset{\displaystyle Br}{\underset{|}{C}}H-COOH$

ç) $CH_3-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}}H-\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{|}{C}}H-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}H-\overset{\displaystyle O}{\overset{||}{C}}-OH$

Cevaplar

19. Alıştırma

Aşağıda IUPAC kurallarına göre adları verilen karboksilik asitlerin yarı açık formüllerini yazınız.

a) 2,2-Dimetil-pentanoik asit

b) 2-Hidroksi bütanoik asit

c) 3,3,4-Trimetil hekzanoik asit

ç) Pentanoik asit

Cevaplar

Karboksilik asitlerin IUPAC adlarından başka yaygın kullanım adları da vardır. Bazı karboksilik asitler aşağıda gösterilmiş, özellikleri açıklanmıştır (Tablo 3.11).

Tablo 3.11: Karboksilik Asitlerin IUPAC ve Özel Adları

Asidin Formülü	Özel Adı	IUPAC Adı
HCOOH	Formik asit	Metanoik asit
CH_3COOH	Asetik asit	Etanoik asit
CH_3CH_2COOH	Propiyonik asit	Propanoik asit
$CH_3(CH_2)_2COOH$	Bütirik asit	Bütanoik asit
$CH_3(CH_2)_3COOH$	Valerik asit	Pentanoik asit
$(COOH)_2$	Okzalik asit	Etandioik asit
$C_6H_4(COOH)_2$	Ftalik asit	1,2-benzen dikarboksilik asit
$C_6H_4(OH)COOH$	Salisilik asit	3-Hidroksibenzoik asit

Formik Asit: Metanoik asit olarak bilinen tek karbonlu karboksilik asittir. Formik asit, karınca (Görsel 3.14) salgısında ve ısırgan otunda bulunur.



Görsel 3.14: Karıncalar

Tekstil sektöründe boyama işlemleri sırasında, soğutucu üretiminde, kuru temizleme fabrikalarında, ayna, ekmek mayası, mürekkep üretiminde, tıpta lokal anestezide ve kozmetik sektöründe kullanılır.

Asetik Asit: Sirkenin (Görsel 3.15) keskin kokusunu ve ekşi tadını veren asittir. Etanoik asit olarak da bilinir. Suda iyi çözünür. Suya karıştığında suyu çeker, cildi tahriş eder ve metalleri aşındırır. Sanayide oldukça geniş bir kullanım alanı vardır. Kimyasalların üretiminde ham madde olarak kullanılır. Çözücü olarak apolar maddelerin çözünmesinde kullanılır. Özellikle çaydanlıklarda biriken kirecin ve cam yüzeylerin temizlenmesinde kullanılır. Gıda sektöründe katkı maddesi olarak kullanılır.



Görsel 3.15: Elma sirkesi

Salisilik Asit: Renksizdir ve kristal yapılıdır. Çoğunlukla bitkisel hormon şeklinde kullanılır. Söğüt ağacından elde edilen salisilik asit sağlığa faydalıdır. Yeşil yapraklı sebzelerde bol miktarda bulunmaktadır. Salisilik asidin cilt sağlığından nasırlara, kolon kanserine kadar pek çok hastalığın tedavisinde önemli faydaları bulunur. Kozmetik alanında nemlendirici olarak kullanılır.


Görsel 3.16: Serum torbası

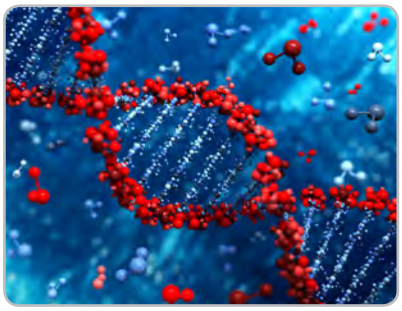
Ftalik Asit: Serum torbaları (Görsel 3.16) ve tüpleri gibi tıbbi ürünlerin yanı sıra şampuan, nemlendirici, krem, parfüm, saç spreyi ve oje gibi kişisel bakım ürünlerinde kullanılır.

Sitrik Asit: Kristal yapılı ve renksiz organik bir asittir. Limon tuzu olarak bilinir (Görsel 3.17). Bütün bitkilerin yapısında bulunmaktadır. Hücresel faaliyetlerin birçoğunda görev almaktadır. Gıda, tarım, ilaç ve içecek sektörlerinde, ayrıca metal üretimi ve işlenmesinde kullanılmaktadır.


Görsel 3.17: Limon tuzu

Malik Asit: Bir çeşit meyve asididir. En çok elmada ve özellikle ekşimsi meyvelerde bulunur. Muz, kiraz, üzüm, kayısı (Görsel 3.18), armut, erik, brokoli, havuç, patates gibi meyve ve sebzelerde bulunur. Sağlığa çok faydalıdır.


Görsel 3.18: Kayısı

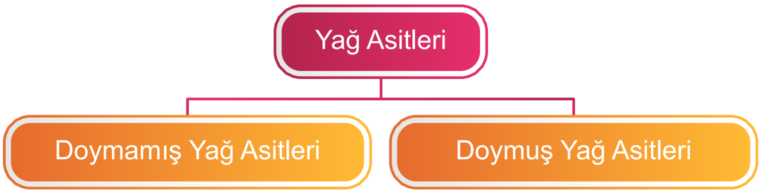

Görsel 3.19: DNA

Folik Asit: Kan yapımında, yeni hücre oluşumunda ve hücrelerin yaşamına devam etmesinde, DNA (Görsel 3.19) ve RNA üretiminde kullanılan bir vitamindir. Bu vitamine daha çok hamile ve çocuklar ihtiyaç duymaktadır. Genellikle koyu yeşil yapraklı sebzelerde, bazı tahıllarda, baklagillerde, portakal, muz, limon, çilek gibi meyvelerde, fındıkta, balık, yumurta gibi besinlerde bulunur.

Benzoik Asit: Gıda üretiminde kullanılan katkı maddelerinden biridir. Kristal yapıda olan benzoik asit; katı, renksiz ve toz hâldedir. Süt ürünlerinde (Görsel 3.20), mantar, karanfil ve tarçında bulunur. Kimyevi, tıbbi malzemelerin üretiminde, kozmetik sektöründe, otomotiv ve tekstil alanında kullanılmaktadır. Marmelat, reçel, meyve suyu ve gazlı içecekler gibi şekerli gıdaların üretiminde kullanılır. Benzoik asitten elde edilen benzoatlar, mikroorganizmaları öldürücü etkisinden dolayı gıdalarda koruyucu katkı maddesi olarak kullanılırlar.


Görsel 3.20: Süt ve süt ürünleri

Meyvelerin yapısında bulunan asitlerinden başka yağ yapımında kullanılan asitler de vardır. Yağ asitleri aşağıda gösterildiği gibi ikiye ayrılır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6: Yağ asitlerinin sınıflandırılması

Doymuş ya da doymamış yağ asitleri bitkisel veya hayvansal ürünlerden elde edilir. Yapılarında çift sayıda karbon atomu vardır ve düz zincirlidir.

Doymamış Yağ Asitleri: Karbon zincirinde pi bağı bulunan yağlara **doymamış yağ** denir. En önemli doymamış yağ asitleri 18 tane karbon atomu içerir.

Yapısında bir tane çift bağ (=) bulunan 18 karbonlu doymamış yağ asidi oleik asittir. Formülü

$CH_3–(CH_2)_7–CH = CH–(CH_2)_7–COOH$ şeklindedir.

Yapısında iki tane çift bağ bulunan yağ asidi linoleik asittir. Formülü

$CH_3–(CH_2)_4–CH = CH–CH_2–CH = CH–(CH_2)_7–COOH$

şeklindedir.

Yapısında üç tane çift bağ bulunan yağ asidi linolenik asittir. Formülü

$CH_3–CH_2–CH = CH–CH_2–CH = CH–CH_2–CH = CH–(CH_2)_7–COOH$

şeklindedir.

Doymamış yağ asitleri, vücudun üretemediği ancak ihtiyaç duyduğu yağ asitleridir. Bitkisel kaynaklı bu yağlar, vücudun kolesterol seviyesini düşürmeye yardımcı olur. Sağlıklı beslenme için çok önemli olan omega-3 ve omega-6 yağ asitleri doymamış yağ asitlerindendir. Bu yağ asitleri kan basıncını düzenler.

Omega-3; balık, kanola yağı, soya yağı ve fındık yağında bulunur. Omega-6; mısır özü yağı, ayçiçeği yağı ve soya fasulyesi yağında bulunur (Görsel 3.21). Yeteri kadar omega-3 almak için haftada en az iki kere balık tüketilmelidir.



Görsel 3.21: Omega–3, omega–6 içeren besin kaynakları

Doymuş Yağ Asitleri: Yaygın olarak kullanılan doymuş yağ asitlerinde 12-18 arasında çift sayıda karbon atomu bulunur. Doymuş yağ asitleri karbon atomları arasında pi bağı içermez. Et, deniz mahsulleri, süt ürünleri, hindistan cevizi gibi besinler doymuş yağ asitleri açısından zengindir. Doymuş yağ asitleri, doymamış yağ asitlerinin hidrojen katılarak doyurulmasından elde edildiğinden katı hâldedir. Zeytinyağı, ayçiçeği yağı, margarin gibi bitkisel yağlar doğrudan kolesterol içermez. Doymuş yağlar vücudumuza girdikten sonra kolesterol üzerinde etkili olur.

Bazı yağ asitlerinin adları ve formülleri aşağıda verilmiştir (Tablo 3.12).

Tablo 3.12: Bazı Yağ Asitlerinin Adları ve Formülleri

Yağ asidi	Formülü
Laurik Asit	$C_{11}H_{23}COOH$
Miristik Asit	$C_{13}H_{27}COOH$
Palmitik Asit	$C_{15}H_{31}COOH$
Stearik Asit	$C_{17}H_{35}COOH$
Oleik Asit	$C_{17}H_{33}COOH$
Linoleik Asit	$C_{17}H_{31}COOH$

Bitkisel ve hayvansal yağların kuvvetli bazlarla karıştırılarak uygun sıcaklıkta ısıtılmasıyla oluşan tuza sabun, bu olaya da **sabunlaşma** denir. Bu işlem sırasında yağları oluşturan trigliseritler kendisini oluşturan yağ asitlerine ve gliserine parçalanmaktadır. Yağ asitleri, kullanılan sodyum hidroksit (NaOH) veya potasyum hidrokside (KOH) bağlı olarak sodyum ve potasyum tuzuna dönüşmektedir. Gliserin ise yan ürün olarak açığa çıkmaktadır.

Sabun, yağ asitlerinin sodyum veya potasyum tuzlarından oluşur. Gliseril stearatın NaOH ile oluşturduğu sabun, beyaz (katı) sabundur (Görsel 3.22). Gliseril stearatın KOH ile oluşturduğu sabun, halk arasında arap sabunu olarak bilinen yumuşak sabundur.

$$\underbrace{\begin{matrix} CH_2\text{–}COO\text{–}C_{17}H_{35} \\ CH\text{–}COO\text{–}C_{17}H_{35} \\ CH_2\text{–}COO\text{–}C_{17}H_{35} \end{matrix}}_{\text{Gliseril stearat (yağ)}} + 3NaOH \longrightarrow \underbrace{3C_{17}H_{35}\text{–}COONa}_{\text{Sodyum stearat (katı sabun)}} + \underbrace{\begin{matrix} CH_2\text{–}OH \\ CH\text{–}OH \\ CH_2\text{–}OH \end{matrix}}_{\text{Gliserin}}$$

$$\underbrace{\begin{matrix} CH_2\text{–}COO\text{–}C_{17}H_{35} \\ CH\text{–}COO\text{–}C_{17}H_{35} \\ CH_2\text{–}COO\text{–}C_{17}H_{35} \end{matrix}}_{\text{Gliseril stearat (yağ)}} + 3KOH \longrightarrow \underbrace{3C_{17}H_{35}\text{–}COOK}_{\text{Potasyum stearat (arap sabunu)}} + \underbrace{\begin{matrix} CH_2\text{–}OH \\ CH\text{–}OH \\ CH_2\text{–}OH \end{matrix}}_{\text{Gliserin}}$$



Görsel 3.22: Sıvı ve katı sabunlar

7. BÖLÜM
ESTERLER

Konular

3.7.1. Esterler ve Özellikleri

Anahtar Kavramlar

- Ester

Esterlerin çoğu hoş kokulu bileşiklerdir. Birçok çiçek ve meyvenin güzel kokusu, yapılarındaki esterlerden ileri gelmektedir. Muzda bulunan izopentil asetat, portakalda bulunan oktil asetat, ananasta bulunan etil bütirat ve kayısıda bulunan etil heptanoat en çok bilinen esterlerdir.

Doğal kokuların yapısı oldukça karışıktır. Örneğin armuda koku veren ester sayısının 53'ten fazla olduğu bilinmektedir. Ester karışımları parfümeride ve yapay lezzet verici maddelerin elde edilmesinde kullanılmaktadır.

Bu bölümde esterlerin adlandırılmasını, formüllerini ve kullanım alanlarını öğreneceksiniz.



3.7.1. Esterler ve Özellikleri

Genel formülleri $C_nH_{2n}O_2$ olan esterler,

$$R-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-OR' \text{ veya } RCOOR' \text{ şeklinde gösterilir.}$$

Esterler, bir karboksilik asit molekülü ile bir alkol molekülünün tepkimesinden oluşur. Bu tepkimede 1 molekül H_2O açığa çıkar.

$$\underbrace{R-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-OH}_{\text{Karboksilik asit}} + \underbrace{H-O-R'}_{\text{Alkol}} \underset{\text{Hidroliz}}{\overset{\text{Esterleşme}}{\rightleftharpoons}} \underbrace{R-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-OR'}_{\text{Ester}} + H_2O$$

Bu tepkimede oluşan organik moleküle **ester**, bu olaya **esterleşme** denir. Aşağıda esterleşme tepkimesine örnek verilmiştir.

$$CH_3-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-OH + HO-C_3H_7 \underset{\text{Isı}}{\overset{H_2SO_4}{\rightleftharpoons}} \underbrace{CH_3-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-O-C_3H_7}_{\text{Propil etanoat}} + H_2O$$

Esterleşme tepkimeleri denge tepkimeleri olduğundan bu tepkimeler çift yönlü ok ($\rightleftharpoons$) ile gösterilir. Esterleşme tepkimelerinde açığa çıkan suyun OH^- iyonu karboksilik asitten, H^+ iyonu ise alkolden kaynaklanır. Esterleşme tepkimeleri yavaş gerçekleşir ve moleküller arasında oluşur. Esterleşme tepkimelerinin tersi ester hidrolizidir. Esterlerin hidroliziyle karboksilik asit ve alkol oluşur.

$$\underbrace{R-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-OR'}_{\text{Ester}} + H_2O \underset{\text{Esterleşme}}{\overset{\text{Hidroliz}}{\rightleftharpoons}} \underbrace{R-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-OH}_{\text{Karboksilik asit}} + \underbrace{H-O-R'}_{\text{Alkol}}$$

Esterlerin Adlandırılması

Esterler iki şekilde adlandırılır:

1. IUPAC adlandırmasında esteri oluşturan alkolün alkil grubunun adından sonra türediği asidin adının sonundaki **-ik** eki ve **asit** sözcüğünün yerine **-at** eki getirilir.

$$H-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-O-C_2H_5$$

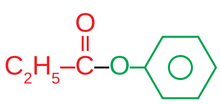
Etil metanoat

$$CH_3-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-O-CH_3$$

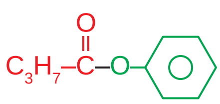
Metil etanoat

$$H-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-O-CH_2-\underset{\underset{\displaystyle CH_3}{|}}{\overset{\overset{\displaystyle CH_3}{|}}{CH}}$$

İzobütil metanoat

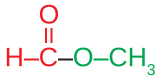


Fenil propanoat

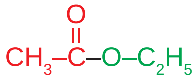


Fenil bütanoat

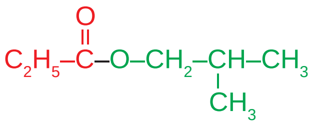
2. Özel adlandırmada önce esteri oluşturan karboksilik asidin adı söylenir, sonra alkolün alkil grubunun adına **ester** kelimesi eklenir.



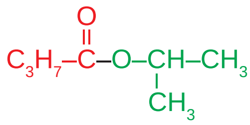
Formik asitin metil esteri



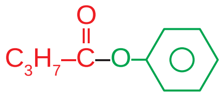
Asetik asitin etil esteri



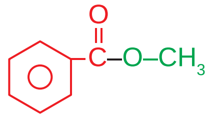
Propiyonik asitin izobütil esteri



Bütirik asitin izopropil esteri



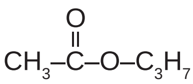
Bütirik asitin fenil esteri

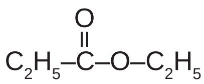


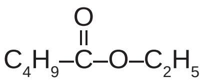
Benzoik asitin metil esteri

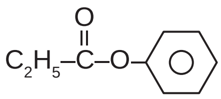
Örnek

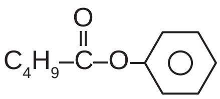
Aşağıdaki bileşikleri adlandırınız.

a) 

b) 

c) 

ç) 

d) 

Çözüm

a) Propil etanoat (asetik asidin propil esteri)

b) Etil propanoat (propiyonik asidin etil esteri)

c) Etil pentanoat (valerik asidin etil esteri)

ç) Fenil propanoat (propiyonik asidin fenil esteri)

d) Fenil pentanoat (valerik asidin fenil esteri)

20. Alıştırma

Aşağıda adları verilen esterlerin yarı açık formüllerini yazınız.

a) Propil bütanoat
b) Fenil benzoat
c) Fenil format
ç) İzopropil etanoat
d) Tersiyer bütil propiyonat

Cevaplar

Esterler kimya sanayisinin önemli maddelerinden biridir. Sabunlar, bal mumları, sentetik dokuma lifleri, kozmetik ürünler, parfümler, ilaçlar, boya ve plastikler için çözücüler, yapay gıda tatlandırıcıları, plastikler gibi birçok maddede kullanılır.

Meyvelerin kokuları yapılarındaki esterlerden kaynaklanır. Örneğin şeftali ve kayısı gibi meyvelere özgü kokuların kaynağı esterlerdir.

Bazı meyveler ve bu meyvelere özgü kokunun kaynağı olan esterler aşağıda verilmiştir (Tablo 3.13).

Tablo 3.13: Bazı Meyvelere Kokusunu Veren Esterler

Esterin Adı	Bulunduğu Meyve
Metil bütirat	Elma
Etil bütirat	Ananas
Oktil asetat	Portakal
Benzil asetat	Armut
İzopentil asetat	Muz
Pentil hekzanoat	Şeftali
Etil hekzanoat	Çilek
Etil laktat	Üzüm
Etil heptanoat	Kayısı
Terpenil bütirat	Kiraz

İçeriğinde esterlerin yer aldığı bazı doğal maddeler şunlardır:

Lanolin: Açık sarı renkte, merhem kıvamındadır. Hafif kokuludur.

Lanolin koyun yününden elde edilir (Görsel 3.23). Koyun yünü, basit yıkama ile madenî tuzlardan temizlenir. Sonra sabunlu suyla yıkanır. Bu karışımda lanolin emülsiyon şeklindedir ve çok küçük tanecikler hâlinde karışımdan ayrılır.



Görsel 3.23: Koyun yünü

Lanolin; merhem yapımında, kozmetikte (el ve tıraş kremleri, tüy dökücü kremler) kullanılır. Işıksız ortamda kapalı şekilde saklanmalıdır.



Görsel 3.24: Bal peteği

Bal Mumu: Ana maddesi alkol ve yağ asitleridir. Bal mumu balın peteklerden alınmasından sonra peteklerin eritilmesiyle elde edilir (Görsel 3.24). 65 °C'de sıvı hâle gelen bal mumunun kendisine has bir kokusu ve tadı vardır.

Bal mumu, cilt nemlendiricilerinde temizleyici olarak kullanılmaktadır. A vitamini açısından zengindir.

Balsam: Bazı çam çeşitlerinden ve tropikal ağaçlardan elde edilir.

Özellikle parfüm sanayisinde ayrıca tıpta öksürük kesmede ve boğaz ağrısı tedavisinde kullanılır (Görsel 3.25).

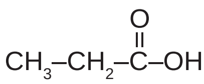


Görsel 3.25: Öksürük şurubu

Esterler, genellikle çözücü ve seyreltici olarak kullanılır. Özellikle etil asetat; parfüm ve şekerlemelerde yaygın olarak kullanılır.

Esterlerin ve Karboksilik Asitlerin Fonksiyonel Grup İzomerliği

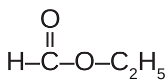
Genel formülleri $C_nH_{2n}O_2$ olan aynı karbon sayılı mono karboksilik asit ile esterler birbirinin fonksiyonel grup izomeridir. Fonksiyonel grup izomerliği, yapı izomerliğinin bir çeşididir ve organik bileşikteki fonksiyonel grupların farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Aşağıda fonksiyonel grup izomerliğine sahip bazı karboksilik asit ve izomeri olan esterler verilmiştir.



$C_3H_6O_2$

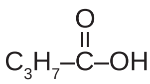
Propanoik asit

ile



$C_3H_6O_2$

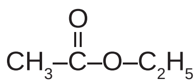
Etil metanoat



$C_4H_8O_2$

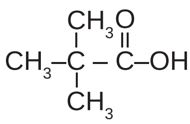
Bütanoik asit

ile



$C_4H_8O_2$

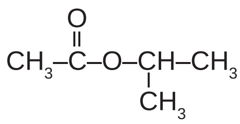
Etil etanoat



$C_5H_{10}O_2$

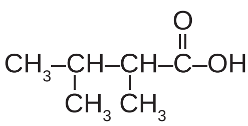
2,2-Dimetil propanoik asit

ile



$C_5H_{10}O_2$

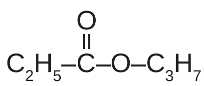
İzopropil etanoat



$C_6H_{12}O_2$

2,3-Dimetil bütanoik asit

ile



$C_6H_{12}O_2$

Propil propanoat

DENEY

DENEYİN ADI

Sabun Eldesi Deneyi

DENEYİN AMACI

Bitkisel yağ asitlerinden katı sabun elde edilmesi

ARAÇ VE GEREÇLER

- 200 mL'lik erlenmayer
- 20 mL ayçiçeği yağı
- 20 mL etil alkol
- 25 mL soğuk su
- %20'lik 25 mL NaOH çözeltisi
- Cam baget
- 50 mL'lik mezür
- Süzgeç kâğıdı
- Huni
- 100 mL doygun NaCl çözeltisi
- İspirto ocağı
- Sacayak
- Amyant tel

DENEYİN YAPILIŞI

1. 20 mL ayçiçeği yağını 200 mL erlenmayere koyup 20 mL etil alkol ilave ediniz.
2. Etil alkol ve yağdan oluşan karışımı iyice çalkalayınız ve karışıma %20'lik 25 mL NaOH çözeltisi ilave ediniz.
3. Karışımı ispirto ocağı üzerinde ısıtarak hamur hâline gelinceye kadar baget yardımıyla karıştırınız.
4. Oluşan hamur kıvamındaki maddeyi soğumaya bırakınız.
5. Karışım soğuduktan sonra 100 mL doygun NaCl çözeltisi ilave ediniz ve karıştırınız.
6. Karışımı huni ve süzgeç kâğıdı yardımıyla süzünüz.
7. 25 mL soğuk suyla yıkayıp kurutunuz.

DENEYİN DEĞERLENDİRİLMESİ

1. Hamur hâlindeki karışıma NaCl çözeltisi eklenmesinin sebebini açıklayınız.
2. Gerçekleşen tepkimenin denklemini yazınız.
3. Sabuna renk ve koku kazandırmak için neler yapılabilir?

DENEYİN SONUCU

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI

A) Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcüğü/sözcükleri yazınız.

2	yüksektir	olefin	izopropan	parafin
fenil	hidrokarbon	3	karboksil	basit
asetilen	asetaldehit	izomer	izobütan	1
karışık	benzil	karbonil	glikol	formaldehit

1. Yapısında sadece karbon ve hidrojen bulunan bileşiklere ………………………………. denir.

2. Alkan sınıfı bileşiklere ………………………………. de denir.

3. Ana zinciri 3 karbonlu olan ve ikinci karbonunda bir tane metil grubu bulunan bileşiğin yaygın adı ………………………………. dır.

4. Halkalı alkanların ilk üyesi ………………………………. karbonludur.

5. Kapalı formülü aynı, açık formülü farklı olan bileşiklere ………………………………. denir.

6. Alken sınıfı bileşiklere ………………………………. de denir.

7. Alkinlerin ilk üyesinin yaygın adı ………………………………. dir.

8. Benzen bileşiğinin bir hidrojen eksik hâline ………………………………. denir.

9. Etandiol bileşiğinin yaygın adı ………………………………. dür.

10. Alkollerin kaynama noktası eterlerden ……………………………….

11. Radikal grupları aynı olan eterlere ………………………………. eter denir.

12. İki karbonlu aldehitin yaygın adı ………………………………. tir.

13. Aldehitlerin ilk üyesi ………………………………. karbonludur.

14. Organik asitlerin fonksiyonel grubu ………………………………. grubudur.

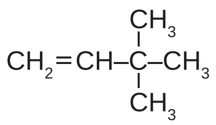
15. Esterlerin ilk üyesi ………………………………. karbonludur.

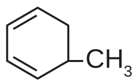
B) Aşağıda numaralar ile verilen ifadeleri, harf ile verilen ifadelerle eşleştiriniz.

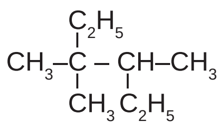
		Eşleştirme
16. R-	**a)** Fenol	
17. R-O-R	**b)** Aseton	
18. Etenil	**c)** Gliserin	
19. Ketonların ilk üyesi	**ç)** Aldehit	
20. R-COOH	**d)** Eter	
21. Hidroksi benzen	**e)** Toluen	
22. Propantriol	**f)** Karboksilik asit	
23. R-CHO	**g)** Alkil	
24. Karınca asidi	**ğ)** Formik asit	
25. Metil benzen	**h)** Vinil	

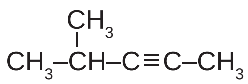
C) Aşağıdaki açık uçlu soruların cevabını boş bırakılan alana yazınız.

26. Aşağıdaki bileşiklerin isimlerini IUPAC sistemine göre yazınız.

a) 

b) 

c) 

ç) 

Cevaplar

27. Aşağıda adları verilen bileşiklerin açık formüllerini yazınız.

a) Diizopropil asetilen
b) Neohekzan
c) İzooktan
ç) Tetrametilmetan

Cevaplar

28. Aşağıdaki bileşiklerin formüllerini yazınız.

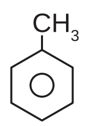
a) 3,4-Dibromo-2-metil-1-penten
b) 2,2,3,3-Tetrametil pentan
c) 1-Etil-2,3-dimetil siklohekzan
ç) 1,3-Dimetil siklopentan

Cevaplar

29. İzohekzanın izomerlerini yazınız.

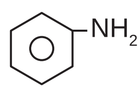
Cevaplar

30. Aşağıdaki maddelerin yaygın isimlerini yazınız?

a) 

b) $CH\equiv CH$

c) $CH_2=CH-CH_2-$

ç) 

Cevaplar

31. Pentanın (C_5H_{12}) yapı izomerlerinin kaynama noktaları birbirinden oldukça farklıdır. **Bu farklılığın sebebini izomerlerin yapılarıyla ilgili midir? Açıklayınız.**

Cevap

32. **$C_3H_6Br_2$ molekülü için olası izomerleri çiziniz.**

Cevap

33. **Etilendeki 2 hidrojen atomu 1 flor ve 1 klor atomu ile yer değiştirdiğinde oluşan yeni bileşiğin kaç farklı izomeri yazılabilir, çiziniz.**

Cevap

34. **$CH_3–CH_2–CH=CH_2$ ile $CH_3–CH_2–CH_2–CH_3$ bileşiklerini ayırt etmek için bir deney tasarlayınız.**

Cevap

35. **CH_4O, C_2H_6O ve CH_2O bileşikleri için olası yapı formüllerini yazınız.**

Cevaplar

36. **Aşağıdaki bileşikleri fonksiyonel gruplarına göre sınıflandırınız.**

a) $CH_3–O–CH–CH_3$ (CH üzerinde CH_3 dalı)

$$\begin{array}{l} CH_3\text{–O–}\underset{\displaystyle|\atop\displaystyle CH_3}{CH}\text{–}CH_3 \end{array}$$

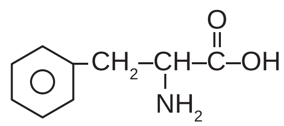
b)

$$\begin{array}{l} CH_3\text{–}C{=}O \\ \quad\;\;\; | \\ \quad\;\; CH_2 \\ \quad\;\;\; | \\ \quad\;\; CH_3 \end{array}$$

c)

$$\begin{array}{c} O \\ \| \\ H\text{–}C\text{–}OH \end{array}$$

ç)



d)

$$\begin{array}{l} CH_3\text{–}C{=}O \\ \quad\;\;\; | \\ \quad\;\; O\text{–}CH_3 \end{array}$$

Cevaplar

37. Tetrafloretilen polimerleşerek politetrafloretilen polimerini oluşturur. **Bu polimerde,**

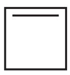
a) **Monomeri**

b) **Tekrarlanan birimi**

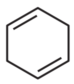
c) **Tepkime denklemini yazınız.**

Cevaplar

38. Aşağıdaki bileşiklerin sahip oldukları sigma ve pi bağlarının sayılarını yazınız.

a) 

b) $CH_3-CH=CH-CH=CH-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_3$

c) 

Cevaplar

39. $CH_3-C\equiv C-CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH=CH_2$

Yukarıda yapı formülü verilen molekülün polar ve apolar kovalent bağ sayılarını bulunuz.

Cevap

40. Aşağıdaki bileşikleri sınıflandırınız.

a) C_4H_9-OH

b) $C_2H_5-O-C_2H_5$

c) C_3H_7-CHO

ç) C_6H_5-COOH

d) $CH_3-CO-CH_2-CH_3$

Cevaplar

41. Aşağıdaki bileşiklerin hangilerinin IUPAC adlandırılması yanlıştır? Açıklayınız.

a) 2-Etil-bütan

b) 1,2,3-Trimetil-propan

c) 2-Metil-2-büten

ç) 2-Metil-1-penten

Cevaplar

42. 5,6 g etilen ile yeterince su tepkimeye girerek etil alkolü oluşturmaktadır. **Buna göre,**

a) **Tepkime denklemini yazınız.**

b) **Kaç gram etil alkol oluşacağını bulunuz.**

(C: 12, O: 16, H: 1)

Cevaplar

43. 13 g doymuş alkil halojenür ve yeterince KOH çözeltisi kullanılarak 9,2 g etil alkol elde edilmektedir. **Buna göre,**

a) **Tepkime denklemini yazınız.**

b) **Alkil halojenlerdeki karbon sayısı kaçtır?**

c) **Alkil halojenürdeki halojenin atom kütlesi kaç gramdır?**

(C: 12, H: 1, O: 16)

Cevaplar

44. $HCHO + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow HCOOH$

12 g formaldehitin yeterince oksijen ile yükseltgenmesi sonucu oluşan formik asit kaç gramdır?

(C: 12, H: 1, O: 16)

Cevap

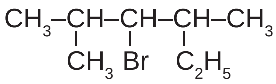
45. $CH_3CHO + 2Ag^+ + 2OH^- \xrightarrow{NH_3} CH_3COOH + 2Ag(k) + H_2O$

Asetaldehit ve asetondan oluşan 0,5 mollük karışım yeterince amonyaklı gümüş nitrat çözeltisiyle yukarıdaki tepkimeye göre reaksiyona girdiğinde 43,2 g gümüş aynası oluşmaktadır. **Buna göre karışımdaki aseton kaç gramdır?**

(C: 12, H: 1, O: 16, Ag: 108)

Cevap

D) Aşağıdaki çoktan seçmeli soruları okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

46. 

bileşiğinin IUPAC sistemine göre adlandırılması hangi seçenekte doğru verilmiştir?

A) 3-Bromo-2-etil-4-metilpentan

B) 3-Bromo-4-etil-2-metilpentan

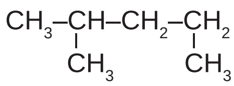
C) 4-Bromo-2,4-dietilpentan

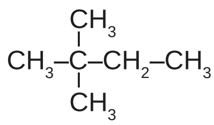
D) 3-Bromo-2,4-dimetilhekzan

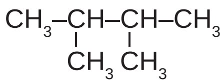
E) 4-Bromo-3,5-dimetilhekzan

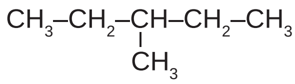
47. Aşağıdaki bileşiklerden hangisi neohekzan izomeri değildir?

A) $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$

B) 

C) 

D) 

E) 

48. Aşağıdaki bileşiklerin hangisinde cis-trans izomerliği görülür?

A) Neopentan

B) 2-Metil-1-penten

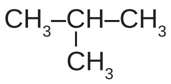
C) 4-Bromo-3-metil-3-hepten

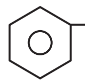
D) 1-Heksen

E) 2-Büten

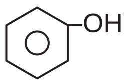
49. Aşağıdaki maddelerden hangisinin yaygın adı yanlış verilmiştir?

A) $CH_2{=}CH_2$
Etilen

B) 
İzo bütan

C) 
Benzil

D) $CH_2{=}CH–$
Vinil

E) 
Fenol

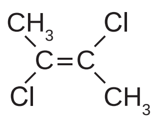
50. $CH_3CHO + H_2 \longrightarrow CH_3CH_2OH$

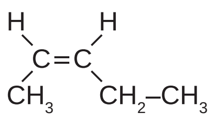
Yukarıdaki tepkimeye göre 13,2 g asetaldehiti etil alkole indirgemek için normal koşullarda kaç litre H_2 gereklidir?

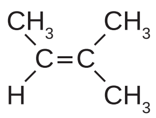
(C: 12, O: 16, H: 1)

A) 2,24 B) 4,48 C) 6,72 D) 8,96 E) 11,2

51. Aşağıda bazı bileşikler verilmiştir.

I. 

II. 

III. 

Bu bileşiklerden hangileri cis-trans izomerliği gösterir?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) I ve II E) II ve III

52. Alkanlarla ilgili aşağıdakilerden hangisi yanlıştır?

A) Genel formülleri C_nH_{2n+2}dir.

B) Bütün karbon atomları sp^3 hibritleşmesi yapmıştır.

C) Molekül büyüklüğü arttıkça kaynama noktaları yükselir.

D) Molekülleri polardır.

E) Düz zincirli alkanların moleküller arası çekim kuvvetleri dallanmış alkanlardan fazladır.

53. CH_4 ve C_2H_6 bileşikleri ile ilgili,

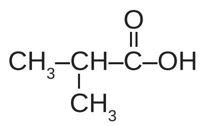
I. Katılma tepkimesi vermez.

II. CH_4ün yeterli miktarda Cl_2 ile tepkimesinden CCl_4 elde edilir.

III. 0,2 mol C_2H_6nın tamamen yanması sonucu 0,4 mol CO_2 ve 0,4 mol H_2O elde edilir.

yargılarından hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II D) II ve III E) I, II ve III

54. 

Yukarıdaki bileşikle ilgili,

I. 2-Metil bütanoik asit

II. 2-Metil propanoik asit

III. Bütirik asit

adlandırmalardan hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II D) II ve III E) I, II ve III

55. Karboksilik asitlerle ilgili aşağıdakilerden hangisi yanlıştır?

A) Genel formülleri $C_nH_{2n}O_2$dir.

B) Kaynama noktaları, aynı karbon sayılı hidrokarbonlardan yüksektir.

C) Suda iyi çözünür.

D) Bazlarla tepkime verir.

E) Metallerle tepkime vermez.

56. Aşağıda bazı bileşikler ve bunların adlandırmaları verilmiştir.

	Bileşik	Ad
I.	$CH_3-\overset{\overset{O}{\|\|}}{C}-O-C_2H_5$	Etanoik asidin etil esteri
II.	$CH_3-CH_2-\overset{\overset{O}{\|\|}}{C}-O-CH_3$	Metil propiyonat
III.	$CH_3-\underset{\underset{Br}{\|}}{CH}-CH_2-\underset{\underset{OH}{\|}}{C}=O$	2-Bromo bütanoik asit

Yukarıdaki bileşiklerden hangileri yanlış adlandırılmıştır?

A) Yalnız I
B) Yalnız II
C) Yalnız III
D) I ve II
E) II ve III

57. Molekül kütlesi 74 g olan bir mono alkolden 7 karbonlu bir ester elde edilmektedir.

Buna göre bu esterin elde edilmesinde mono alkolün yanı sıra kullanılması gereken bileşik aşağıdakilerden hangisidir?

(H: 1, C: 12, O: 16)

A) $C_2H_5-\overset{\overset{O}{||}}{C}-OH$

B) $C_3H_7-\overset{\overset{O}{||}}{C}-OH$

C) $C_3H_7-\overset{\overset{O}{||}}{C}-H$

D) $C_2H_5-CH_2-O-C_2H_5$

E) $CH_3-\overset{\overset{O}{||}}{C}-C_2H_5$

58. $CH_3-\overset{\overset{OH}{|}}{CH}-\overset{\overset{CH_3}{|}}{CH}-\overset{\overset{O}{||}}{C}-OH$

Yukarıda verilen bileşikle ilgili,

I. 3-Hidroksi-2-metil bütanoik asittir.

II. 3-Hidroksi-2-metil pentanoik asittir.

III. Yükseltgenebilir.

yargılarından hangileri doğrudur?

A) Yalnız I
B) Yalnız II
C) I ve II
D) I ve III
E) I, II ve III

59. Ketonlarla ilgili,

I. İndirgendiklerinde sekonder alkol oluşur.

II. Genel formülleri $C_nH_{2n}O$'dur.

III. En büyük üyesi asetondur.

yargılarından hangileri doğrudur?

A) Yalnız I
B) Yalnız II
C) I ve II
D) I ve III
E) I, II ve III

60. C atomu bileşiklerinde 4 bağ yapabilmektedir. C atomunun yaptığı bağlar tekli, ikili ve üçlü bağ olabilir. Öğretmeni Mustafa'dan 2 tane C, 6 tane H ve 1 tane O atomu kullanarak organik bileşikler oluşturmasını ve bu bileşiklerin sınıflarını yazmasını istemiştir.

I. $CH_3-\overset{\overset{O}{||}}{CH}$ - Aldehit

II. $CH_3-\overset{\overset{OH}{|}}{CH_2}$ - Alkol

III. CH_3-O-CH_3 - Eter

IV. $CH_2=\underset{\underset{OH}{|}}{CH}$ - Alkol

Buna göre Mustafa'nın, atomların tamamını kullanarak yukarıda yazdığı bileşikler ve bu bileşiklerin ait olduğu sınıflardan hangileri doğrudur?

A) Yalnız I
B) Yalnız II
C) I ve II
D) II ve III
E) II, III ve IV

61. Aşağıda bazı organik bileşikler verilmiştir.

I. $CH_3–C≡CH$

II. $CH_3–CH_2–CH=O$ (O, C atomuna çift bağlı)

III. $CH_3–C(=O)–CH_3$

Buna göre bu organik bileşiklerden hangileri Cu^{2+} iyonlarını Cu^{+} iyonları şeklinde indirger?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II D) I ve III E) I, II ve III

62. Genel formülü C_nH_{2n} olan organik bileşikle ilgili,

I. Bromlu suyun kırmızı rengini giderir.

II. Yandığında CO_2 ve H_2O oluşturur.

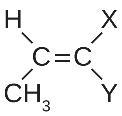
III. Halkalı yapıya sahiptir.

IV. Yalnız sigma bağı içerir.

yargılarından hangileri kesinlikle doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve III D) II ve IV E) I, II ve IV

63. Aşağıda bir bileşiğin yapı formülü verilmiştir.



Bu bileşiğin trans izomerisi gösterebilmesi için X ve Y yerine

	X	Y
I.	$–CH_3$	$–CH_3$
II.	$–C_2H_5$	$–H$
III.	$–H$	$–CH_3$

radikal gruplarından hangileri getirilebilir?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II D) I ve III E) I, II ve III

64. Yapısında pi bağı bulunduğundan alkenler katılma tepkimesi verir.

$$CH_3–CH=CH_2 + H_2O \longrightarrow X$$

Yukarıdaki tepkimede oluşan X bileşiğiyle ilgili,

I. Sekonder alkol özelliği gösterir.

II. 1-Propanoldür.

III. Molekülleri arasında hidrojen bağı yoktur.

yargılarından hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) I ve II C) I ve III D) II ve III E) I, II ve III

65. Kütlece %60 saflıktaki 50 g $CaCO_3$ katısından elde edilen asetilen gazının trimerleşmesiyle oluşan bileşiğin kütlesi kaç gramdır?

(Ca: 40, C: 12, O: 16, H: 1)

A) 7,8 B) 15,6 C) 23,4 D) 39 E) 78

66. Bir organik bileşikle ilgili aşağıdaki bilgiler verilmiştir.

I. Bromlu suyun rengini giderir.

II. Aldehitin indirgenmesiyle oluşur.

III. 1 molünün yanmasıyla 4 mol CO_2 gazı oluşur.

Buna göre özellikleri verilen organik bileşik aşağıdakilerden hangisidir?

A) $CH_3–CH_2–CH(OH)–CH_3$

B) $CH_3–CH=CH–CH=O$

C) $CH_3–CH=CH–CH_2–OH$

D) $CH_3–C(=O)–CH=CH_2$

E) $CH_2=CH–CH_2–OH$

67. Alkollerin ilk üyesi olan organik bileşikle ilgili,

I. Odun alkolü olarak bilinir.

II. Dimetil eter ile fonksiyonel grup izomeridir.

III. Kolonya ve parfüm üretiminde kullanılan alkoldür.

yargılarından hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) I ve II C) I ve III

D) II ve III E) I, II ve III

68. Lokman ruhu olarak bilinen dietil eter ve izomeri olan alkolle ilgili,

I. Yapı formülleri C_4H_8O'dur.

II. Alkolün IUPAC adı 2-Bütanol olabilir.

III. Dietil eter, alkolden daha yüksek sıcaklıkta kaynar.

yargılarından hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II

D) I ve III E) II ve III

69. Aşağıdaki bileşiklerden hangisi benzen ile aynı basit formüle sahiptir?

A) Etin B) Propin

C) 1-Bütin D) 1-Pentin

E) 1-Hekzin

70. Aseton ile ilgili aşağıdaki bilgilerden hangisi yanlıştır?

A) Ketonların ilk üyesidir.

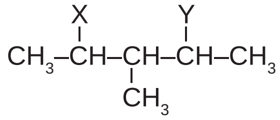
B) Fonksiyonel grubu karbonildir.

C) Molekülünde 3 sigma, 1 pi bağı vardır.

D) IUPAC adı propanondur.

E) Aseton molekülünde 1 tane sp^2 ve iki tane sp^3 hibritleşmesi yapmış C atomu vardır.

71.



bileşiğinin IUPAC adı 2,3,4,5-Tetrametil heptan olduğuna göre X ve Y ile belirtilen gruplar yerine aşağıdakilerden hangisi getirilebilir?

	X	Y
A)	CH_3-	CH_3-
B)	C_2H_5-	C_2H_5-
C)	C_2H_5-	$CH_3-CH_2-CH_2-$
D)	C_2H_5-	$CH_3-CH(CH_3)-$
E)	$CH_3-CH(CH_3)-$	$CH_3-CH(CH_3)-$

72. $CHCl_3$ molekülüyle ilgili,

I. Yaygın adı kloroformdur.

II. Tıpta anestezik olarak kullanılır.

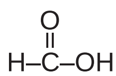
III. Metanın ultraviyole (UV) ışık altında Cl_2 ile yer değiştirmesi sonucu elde edilir.

yargılarından hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) I ve II C) I ve III

D) II ve III E) I, II ve III

73.



molekülüyle ilgili,

I. Yaygın adı formik asittir.

II. Tollens reaktifi ile tepkime vermez.

III. Yükseltgenebilir.

yargılarından hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III

D) I ve III E) I, II ve III

4. ÜNİTE

ENERJİ KAYNAKLARI VE BİLİMSEL GELİŞMELER



1. BÖLÜM
FOSİL YAKITLAR

2. BÖLÜM
ALTERNATİF ENERJİ KAYNAKLARI

3. BÖLÜM
SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

4. BÖLÜM
NANOTEKNOLOJİ

Üniteye Başlarken

- Yenilenebilir enerji kaynaklarına sahip olmak neden önemlidir?
- Sürdürülebilirliğin önemi nedir?
- Nanoteknolojinin gelişimiyle insan hayatı nasıl değişecektir?
- Var olan enerji kaynakları bir gün tükenirse hayatın devamlılığı nasıl sağlanacaktır?

Bu ünitede bu soruların cevaplarını bulacaksınız.

1. BÖLÜM

FOSİL YAKITLAR

Konular

Anahtar Kavramlar

- Fosil yakıt
- Kömür
- Ham petrol
- Doğal gaz

Birçok ürünün ham maddesi olarak da kullanılan fosil yakıtlar, günümüzün en önemli enerji kaynaklarının başında gelmektedir. Canlı kalıntılarının milyonlarca yıl boyunca yer altında birikmesiyle oluşan fosil yakıtlar, sanayinin kısa sürede ve hızlı bir şekilde gelişmesini sağlamıştır. Ancak bu yakıtların yoğun bir şekilde kullanılması; sıcaklığın yükselmesi, buzulların erimesi, suların yükselmesi, canlı türlerinin yok olması gibi pek çok olumsuzluğa da sebep olmuştur.

Bu bölümde fosil yakıtların zararlarını ve bunlardan korunma yollarını öğreneceksiniz.



4.1.1. Fosil Yakıtların Oluşumu ve Zararları

Canlı kalıntılarının milyonlarca yıl oksijensiz ortamda başkalaşıma uğraması sonucu oluşan yakıtlara **fosil yakıt** denir. Fosil yakıtlar genel olarak petrol ve kömür olmak üzere iki gruba ayrılır. Doğal gaz ise petrol türevi bir fosil yakıttır.

Petrol, sondaj kuyularından çıkarıldığı ham hâli ile kullanıma uygun değildir. Petrolün kullanılabilmesi için bileşenlerine ayrılması gerekir. Ham petrol; ayrımsal damıtma yöntemiyle LPG, benzin, motorin (mazot), gaz yağı, fuel oil, kerosen ve asfalt (zift) gibi bileşenlere ayrılır.

Kömür; oluşum süresi ve enerji veriminin artışına göre turba, linyit, taş kömürü ve antrasit şeklinde sıralanır.

Doğal gaz, bir gaz karışımıdır. Yapısının büyük bir kısmını metan gazı oluşturmaktadır. Doğal gazın yapısında metan gazının yanı sıra bazı hidrokarbonlar (etan, propan ve bütan) ve az miktarda H_2S, CO_2 gazları bulunmaktadır.

Fosil yakıtların birçok kullanım alanı bulunmaktadır. Petrol ürünlerinden benzin, mazot ve LPG, motorlu araçlarda yakıt olarak fuel oil konutlarda ısınma amacıyla kullanılır. Çevreye ve canlılara daha az zarar veren doğal gaz ise sanayide çeşitli amaçlarla (elektrik üretimi, döküm eritme vb.), konutlarda ve iş yerlerinde ısınma amaçlı kullanılır. Kömür; evlerde ısınmada, termik santrallerde elektrik üretiminde kullanılır. Ancak fosil yakıtların aşırı ve bilinçsiz kullanımı insan sağlığına ve çevreye zarar vermektedir.

Fosil yakıtların kullanımı sonucu oluşan atıkların ekolojik denge üzerinde olumsuz etkileri vardır. Örneğin, kömürün yoğun olarak kullanıldığı bölgelerde yaşayan başta insanlar olmak üzere bütün canlılarda çeşitli hastalıklara rastlanır. Bu bölgelerde diğer bölgelere oranla solunum yolu hastalarının sayısında artış gözlenir (Görsel 4.1). Ayrıca fosil yakıtların açığa çıkardığı zararlı gazlar astım hastalarının yaşam şartlarını zorlaştırır.

Petrol; kara, demir ve deniz yoluyla taşınır. Deniz yoluyla taşınması esnasında meydana gelen kazalar petrolün denize akmasına ve patlamalara sebep olmaktadır (Görsel 4.2). Bu durum denizlerde kirlenmeye ve ekolojik hayatta kalıcı zararlara yol açar.



Görsel 4.2: Tanker kazası sonucu çevre kirliliği

Araştırınız

Fosil yakıtların aşırı ve bilinçsiz kullanımının insan sağlığına olumsuz etkileri konulu bir sunum hazırlayarak sınıf ortamında arkadaşlarınızla paylaşınız.

Video Bilgi

Fosil Yakıtların Oluşumu



Görsel 4.1: Hava kirliliğinden etkilenmemek için maske takmış çocuk

Küresel ısınmanın birçok sebebi olmakla birlikte en büyük pay, fosil yakıt kullanımına aittir. Fosil yakıtların kullanılmasıyla açığa çıkan gazların güneşten gelen zararlı ışınları tutması sonucu sıcaklığın yükselmesi küresel ısınma olarak tanımlanır.

Günümüzde dünyayı tehdit eden en önemli sorunların başında fosil yakıtların kullanımı sonucu atmosfere salınan sera gazlarının neden olduğu iklim değişikliği gelmektedir. Dünya Meteoroloji Örgütünün verilerine göre atmosferdeki CO_2 miktarı 2015 yılında en yüksek seviye olan 400 ppm değerinin üzerine çıkmıştır. Fosil yakıtların kullanımı sonucu oluşan CO_2, SO_2, NO_2 gibi gazlar asit yağmurlarının oluşmasına neden olur. Asit yağmurları bitki, toprak, su kaynakları gibi hayatın devamı için gerekli unsurlara çok büyük zararlar vermektedir. Fosil yakıtların doğrudan sebep olduğu bu zararların yanında dolaylı olarak sebep olduğu zararlar da vardır.

4.1.2. Fosil Yakıtların Zararlı Etkilerinden Korunma Yolları

Bir maddenin zararlarını bilmek o zararlardan korunma yollarını bulmayı kolaylaştırır. Fosil yakıtlar üzerine birçok çalışma yapılmış ve bu yakıtların zararları her açıdan ortaya konulmuştur. Bu çalışmalar göz önünde bulundurularak alınacak tedbirlerle fosil yakıtların ekolojik sistem üzerindeki tahribatlarını ve buna bağlı olarak insan yaşamını tehdit eden zararlarını en az seviyeye indirmek mümkündür.

Çevreye ve insan sağlığına verdiği zararlara rağmen günümüz dünyasında fosil yakıtların kullanımından tamamen vazgeçmek de mümkün değildir. Bu durumda bazı tedbirler alınarak bu zararların azaltılması gerekmektedir.

Fosil yakıtlar motorlu taşıtlarda yakıt olarak kullanılmaktadır. Şehir içi trafiğinde kişisel araçları daha az kullanmak, toplu taşıma araçlarını tercih etmek, kısa mesafelere bisikletle veya yürüyerek gitmek alınabilecek önlemlerden bazılarıdır. Yenilenebilir (temiz) enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılması ve özendirilmesi fosil yakıt kullanımını azaltacak, sebep olduğu kirliliği de önleyecektir. Bitki örtüsünü korumak, ağaçlandırmaya önem vermek de fosil yakıtların zararlarını önlemek için alınması gereken tedbirler arasındadır.

Araştırınız

Sınıf içerisinde gruplar oluşturunuz. Fosil yakıtların çevreye verdiği zararları araştırarak bu zarların en aza indirilebilmesi için bir proje tasarlayınız.

Fosil yakıtların zararlarını azaltmak alınacak tedbirlerle mümkündür. Dünyanın ekolojik dengesinin bozulmasının günümüzde en önemli sorunlardan biri olduğu unutulmamalıdır. Ekosistemin korunması dünyadaki canlı hayatının da korunması demektir ve bu bütün insanlığın sorumluluğundadır.

2. BÖLÜM

ALTERNATİF ENERJİ KAYNAKLARI

Konular

4.2.1. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

4.2.2. Nükleer Enerji

Anahtar Kavramlar

- Biyokütle
- Jeotermal

İnsanoğlunun sınırsız istek ve ihtiyaçları enerji ihtiyacını günden güne artırmaktadır. Günümüzde pek çok alanda enerji kaynağı olarak kullanılan fosil yakıtların yakın bir gelecekte tamamen tükenme ihtimali alternatif enerji kaynakları arayışını hızlandırmıştır. Nükleer enerji, güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, jeotermal enerji gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı; hidrojen enerjisi gibi yeni ve temiz enerji teknolojilerinin geliştirilmesi günümüz dünyasında her geçen gün daha fazla önem kazanmaktadır.

Fosil yakıtların aşırı tüketimine bağlı olarak dünyanın geleceğini önemli bir biçimde tehdit eden küresel ısınma sorunu bu arayışların hızlanmasını sağlayan bir diğer önemli etkendir.

Bu bölümde alternatif enerji kaynaklarını öğreneceksiniz.



4.2.1. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Teknolojik gelişmeler, nüfus artışı, motorlu araç sayısındaki artışlar gibi nedenlerden dolayı enerjiye duyulan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Bununla birlikte fosil yakıtların bilimsel çalışmalarla ortaya konulan zararları insanoğlunu farklı enerji kaynakları arayışına yöneltmiştir. Bu arayışın amacı yenilenebilir, maliyeti düşük ve çevre dostu enerji kaynakları bulmaktır.

Çalışmalar ve araştırmalar sonucunda ekolojik sisteme zarar vermeyen veya fosil yakıtlara oranla çok daha az zarar veren, çevre dostu enerji kaynakları keşfedilmiştir. Bu enerji kaynaklarına **alternatif enerji kaynakları** denir. Alternatif enerji kaynakları doğada var olan ve yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Başlıca alternatif enerji kaynakları şunlardır:

Güneş (Solar) Enerjisi: Güneş enerjisi insanoğlunun kullandığı en eski enerji kaynaklarından biridir. Meyve ve sebzelerin kurutulmasında, sıcak su temin edilmesinde binlerce yıldır güneş enerjisinden faydalanılmaktadır. Teknolojik gelişmelerle birlikte günümüzde güneş enerjisinin kullanım alanı artmıştır.



Görsel 4.3: Güneş panelleri yerleştirilmiş çatı

Çatılara yerleştirilen güneş panelleri yardımıyla (Görsel 4.3), güneş enerjisi elektrik enerjisine dönüştürülmekte ve ihtiyaç anında kullanılmaktadır.

Yolculuk yaparken elektrik bağlantısı olmadığı hâlde yanıp sönen trafik ikaz ışıklarını görmüşsünüzdür. Bu ikaz ışıkları da güneş enerjisi yardımıyla çalışmaktadır. Lambanın üzerine konulan güneş enerjisi panelleri güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürmekte, böylelikle ikaz ışıklarının yanması için gereken enerji elde edilmektedir.

Güneş enerjisi santralleriyle elektrik üretimi, santrallerin kolay kurulumunun yanı sıra uzun ömürlü, çevreci ve düşük işletme maliyetine sahip olması nedeniyle son dönemde en çok tercih edilen yöntemlerden birisi olmuştur.

Zararlı hiçbir atığı olmayan güneş enerjisi, geliştirilecek yeni teknolojiler sayesinde enerji ihtiyacını ortadan kaldırabilecek bir potansiyele sahiptir.

Rüzgâr Enerjisi: Alternatif enerji kaynaklarından biri de rüzgâr enerjisidir. Eskiden beri rüzgâr enerjisinden yel değirmenlerinde, yelkenli gemilerde ve daha birçok alanda faydalanılmaktaydı. Günümüzde ise rüzgâr enerjisiyle çalışan modern rüzgâr türbinleri kullanılmaktadır (Görsel 4.4).



Görsel 4.4: Rüzgâr türbinleri

Rüzgâr enerjisinin yenilenebilir ve temiz olması, insan sağlığı ve çevre açısından risk taşımaması, tükenme ve zamanla maliyetinin artma riskinin olmaması, rüzgâr santrallerinin bakım ve işletme maliyetlerinin düşük olması, dışa bağımlılık yaratmaması gibi kullanım avantajları vardır. Kurulumun ve türbinlerin arızalanması durumunda arızanın giderilmesinin yüksek maliyetli olması ve türbinlerin sesli çalışması bu enerji türünün olumsuz yönlerindendir.

Jeotermal Enerji: Yerkürenin en sıcak katmanı olan ağır küreye inebilen yer altı suları, bu bölgenin sıcaklığına bağlı olarak yüksek basınçla birlikte mineral ve kayaları çözerek yüksek miktarda sıcak buhar ve su kaynağı şeklinde yeryüzüne çıkar (Görsel 4.5). Alternatif enerji kaynaklarından olan jeotermal enerji bu sıcak buhar ve sudan elde edilen enerji türüdür.



Görsel 4.5: Jeotermal enerji kaynağı

Jeotermal enerji; konut ve seraların ısıtılmasında, elektrik üretiminde, kaplıcalarda, hamamlarda kullanılmaktadır. Ülkemiz, jeotermal kaynaklar bakımından oldukça zengindir. Örneğin Afyon, Kütahya, Ankara illerimizde jeotermal enerji geniş kullanım alanlarına sahiptir.

Araştırınız

Ülkemizin jeotermal kaynaklar bakımından zengin olmasının nedenlerini araştırınız.

Biyokütle Enerjisi: Tarım atıkları, orman sektörü organik atıkları, hayvansal atıklar (mezbaha atıkları, dışkı vb.) veya şehir atık sularının oksijensiz ortamda çürütülerek çeşitli su bitkileri gibi canlı (biyolojik) kaynaklar yolu ile elde edilen enerji türüne **biyokütle enerjisi** denilmektedir. Kısaca organik maddelerden çeşitli yollarla elde edilen enerji, biyokütle enerjisidir.

Ana bileşenleri karbonhidrat bileşikleri olan bitkisel ve hayvansal kökenli tüm maddeler "biyokütle enerji kaynağı", bu kaynaklardan üretilen enerji ise "biyokütle enerjisi" olarak tanımlanmaktadır.

Biyokütle enerjisinin faydaları şunlardır:

- Petrol ithalatının azalmasını sağlar.
- Sürdürülebilir enerjiye ve kalkınmaya destek olur.
- Enerji tarımının gelişmesini sağlar.
- Kırsal kesimin sosyo-ekonomik yapısının iyileşmesini sağlar.
- Yerel iş imkânı yaratır ve imalat sanayinin gelişmesine katkıda bulunur.
- Doğal enerji kaynaklarının ve çevrenin korunmasını sağlar.
- Biyodizelin yağlayıcı özelliği motorun korunmasına yardımcı olur.
- Kullanımı, taşınımı ve depolanması kolaydır. Fosil yakıtlara oranla daha temiz yanar.
- Enerji hatlarından uzak bölgelerde oluşabilecek enerji ihtiyacı kolaylıkla sağlanır.
- Biyokütleden enerji üretimi özellikle tarım işçiliğine gereksinim doğurduğundan kırsal kesimde istihdam olanakları yaratır.

Biyokütle enerjisi, genel anlamda çevreye uyumlu bir enerji kaynağı olmakla birlikte, kullanılan biyokütle türüne göre bazı çevresel etkiler oluşturabilmektedir.

Hidrojen Enerjisi: Bilinen en hafif element olan hidrojenin keşfi ve yanıcı olduğuna dair ilk bilgiler 18. yüzyıla dayanmaktadır. Hidrojen, enerji kapasitesi çok yüksek bir elementtir. Yandığında sadece su buharı oluşturur. Geniş bir kullanım alanına sahip hidrojen enerjisinden günümüz teknolojisiyle yeteri kadar yararlanılamamaktadır. Ancak teknolojik gelişmelere bakıldığında hidrojenin geleceğin enerjisi olacağını söylemek mümkündür (Görsel 4.6).



Görsel 4.6: Hidrojen enerjisinin çevreci yönü

Hidrojen enerjisini kullanmanın önündeki en büyük engel hidrojen elementinin doğada bileşikleri hâlinde bulunmasıdır. Bu durum yakıt olarak yeterince hidrojen elde etmeyi ve hidrojenin depolanmasını zorlaştırır ve saf hidrojen elde etmek için büyük bir maliyet ortaya çıkarır.

Bor Madeni ve Enerji

Yapılan çalışmalarla hidrojen enerjisi sistemlerinin çok verimli bir enerji kaynağı olduğu ortaya konulmuştur. Özellikle hidrojen enerjisinin otomobillerde yakıt olarak kullanılabilmesi bu enerji türünün, dolayısıyla bor madeninin önemini artırmaktadır (Görsel 4.7). Çünkü hidrojenin taşınması, depolanması ve araçlara doldurulması için birçok yöntem bulunmasına karşın en kullanışlı yöntem, metal hidrür şeklinde depolanmasıdır. Bu metal hidrürlerden en elverişli olanı sodyum borhidrürdür.



Görsel 4.7: Bor madeni

Bordan Yakıt Eldesi

Sodyum borhidrür maddesi suyla karıştırılıp sıvı bir yakıt olarak saklanabilir. Söz konusu olayın kimyasal reaksiyonu

$NaBH_4 + 2H_2O \xrightarrow{\text{katalizör}} 4H_2 + NaBO_2$ şeklindedir.

Su içerisinde çözünen sodyum borhidrür ($NaBH_4$), bir karışım olarak muhafaza edilir. Hidrojen enerjisine ihtiyaç duyulduğunda Co, Ni gibi katalizörler yardımıyla kontrollü bir şekilde tepkime gerçekleştirilir ve gerektiğinde durdurulabilir. Reaksiyon sonucunda gaz hâlinde serbest kalan hidrojen, yakıt pilinden geçirilerek elektrik enerjisi elde edilir. Bu reaksiyon sonucunda atık madde olarak bir tuz çeşidi olan sodyum metaborat ($NaBO_2$) oluşur.

Bordan enerji üretiminin çeşitli avantajları vardır. Bunlar,

- Sodyum borhidrür ve sodyum metaborat çözeltilerinin yanıcı olmaması,
- Tepkimenin kontrollü olarak gerçekleştirilebilmesi,
- Gerekli hidrojenin $NaBH_4$ ve H_2O'dan ortak elde edilmesi,
- Katalizörün tekrar kullanılmaya uygun olması,
- Reaksiyon ürünü sodyum metaboratın tekrar kullanılmasıyla sodyum borhidrür elde edilebilmesi,
- Sodyum borhidrürün birim kütlesinden elde edilen enerji miktarının benzininkine yakın olmasıdır.

Geleceğin enerji kaynağı olarak kabul edilen bor madeninin dünya genelindeki rezervlerinin büyük bir bölümü ülkemizde bulunmaktadır. Ülkemizin bor rezervi açısından zengin olmasına karşın bu maden henüz yeteri kadar işlenmemekte, ham madde olarak ihraç edilmektedir. Ancak günümüzde teknolojiye yapılan yatırımlar sayesinde bor madeni ülkemizde de işlenmeye başlanmıştır.

OKUMA PARÇASI

TURHAN NEJAT VEZİROĞLU



Biyografisini anlatan kitapta “Hidrojen romantiği” olarak adlandırılan Turhan Nejat Veziroğlu, 24 Ocak 1924’te İstanbul’da doğdu. City and Guild Koleji, Imperial College of Science and Technology ve Londra Üniversitesinden sırası ile makine mühendisliği, ileri mühendislik çalışmaları ve ısı transferi konularında uzmanlaştı ve mezun oldu.

Askerlik hizmetini tamamladıktan sonra 1962’de Miami Üniversitesi Mühendislik Fakültesine girdi. 1965 yılında lisans çalışmaları yöneticisi oldu ve Mühendislik ve Mimarlık Okulunun ilk doktora programını başlattı. Makine mühendisliği bölüm yöneticiliği yaptığı 1971-1975 yılları arasında Temiz Enerji Araştırma Enstitüsünü kurdu. 2004-2007 yılları arasında İstanbul’da UNIDO-ICHET’i (United Nations Industrial Development Organization-International Centre for Hydrogen Energy Technologies) kurdu.

Prof. Dr. Veziroğlu 18-20 Mart 1974’te Miami’de ilk büyük hidrojen enerji konferansını organize etti. Konferansın açılış konuşmasında fosil yakıtların tükenmekte olduğunu vurguladı ve bu yakıtların kullanımının çevreye verdiği ciddi zararlara karşı kalıcı çözüm yolu olarak hidrojen enerjisi sistemlerini önerdi. Prof. Dr. Veziroğlu, kısa bir süre sonra kurulan Uluslararası Hidrojen Enerjisi İşbirliğine başkan olarak seçildi. IAHE başkanı olarak 1976 yılında, iki yılda bir düzenlenen Dünya Hidrojen Enerji Konferansları’nı ve 2005 yılında yine iki yılda bir düzenlenen Dünya Hidrojen Teknolojileri Kongreleri’ni başlattı.

1976 yılında dünya çapındaki hidrojen enerjisi konulu araştırma ve geliştirme sonuçlarının basılması ve paylaşılması amacıyla International Journal of Hydrogen Energy (IJHE) dergisini yayımlamaya başladı. Birçok bilimsel yayında imzası bulunan Prof. Dr. Veziroğlu, “Solar Hidrojen Enerjisi: Dünyayı Koruma Gücü” kitabının da ortak yazarlarındandır.

On sekiz farklı bilimsel organizasyona üyeliği bulunan Prof. Dr. Veziroğlu, İngiliz Makine Mühendisleri Enstitüsü, Amerikan Makine Mühendisleri Topluluğu ve Amerikan Bilim İlerlemesi Derneği tarafından duayen olarak seçilmiştir.

Prof. Dr. Veziroğlu, uluslararası birçok ödüle de layık görülmüştür. 1974 yılında Türkiye Cumhurbaşkanlığı Bilim Ödülü, 1981 yılında Çin Xian Jiaotong Üniversitesi tarafından fahri profesör unvanı, 1982 yılında SSCB Kurchatov Institute of Atomic Energy tarafından I. V. Kurchatov Madalyası, 1986 yılında Global Energy Society tarafından Energy for Mankind Ödülü almış ve 1988 yılında Arjantin Bilim Akademisine seçilmiştir. 2000 yılında hidrojen ekonomisinin kurulmasına ve geliştirilmesine yönelik çalışmalarından dolayı ekonomi alanında Nobel Ödülü’ne aday gösterilmiştir.

Bilim insanlığının yanı sıra duyarlı bir aydındır Prof. Dr. Veziroğlu. Ömrünün önemli bir kısmını yurt dışında geçirmesine rağmen aidiyet duygusunu kaybetmemiş, milletinin yaşadığı sorunlara duyarsız kalmadığını Kıbrıs sorununda kendi devlet başkanına, Bosna’da yaşanan insanlık dramında da Amerika Birleşik Devletleri Başkanı’na görüşlerini ve çözüm önerilerini anlatan mektuplar yollayarak göstermiştir.

Öz güveni yüksek bir bilim insanı olan Prof. Dr. Turhan Veziroğlu, kendisine ihtiyaç duyulduğu anda hiçbir koşul öne sürmeden ülkesine dönmüş; birikimini kendi halkının yararı doğrultusunda kullanmakta tereddüt etmemiştir.

Çığır açıcı çalışmalarıyla dünya bilim dünyasında iz bırakan, yaptığı bütün görevlerde ülkesini ve milletini başarıyla temsil eden bu büyük bilim insanının hayatı, onun izinde yürüyecek birçok gence ilham kaynağı olacak niteliktedir.

(Kaynak: https://www.ohu.edu.tr/drv-team/sayfa/prof-dr-turhan-nejat-veziroglu. Metin yazarlar tarafından düzenlenmiştir.)



Görsel 4.8: Nükleer enerji santrali

Araştırınız

Nötron tutucular olmasaydı fisyon tepkimelerinin sonuçları neler olurdu?

4.2.2. Nükleer Enerji

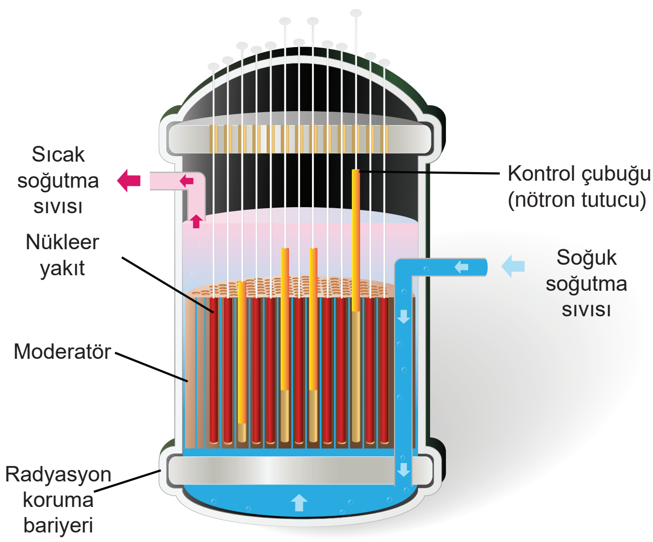
Nükleer enerji, küçük çekirdeklerin birleşerek büyük atomları (füzyon) veya büyük atomların parçalanarak küçük atomları (fisyon) oluşturması sonucu elde edilen enerjidir. Nükleer enerji, kimyasal ve fiziksel enerjiye göre verimi çok yüksek bir enerji türü olmasına rağmen yenilebilir bir enerji kaynağı değildir.

Nükleer Santrallerde Enerji Üretimi

Nükleer santrallerde (Görsel 4.8) üretilen enerjinin ham maddesi zenginleştirilmiş uranyumdur. Uranyumun nötronlarla bombardıman edilmesi (çarpıştırılması) ile gerçekleştirilen fisyon tepkimesi sonucu yüksek miktarda enerji açığa çıkar.

Tepkime kontrollü yürütülmediği takdirde seri şekilde fisyon tepkimeleri gerçekleşir ve bunun sonucunda patlama meydana gelir. Reaktörlerde kontrollü bir reaksiyon gerçekleştirmek için fazla nötronları tutan ve onların reaksiyona girmesine engel olan nötron tutucu maddeler kullanılır. Böylece kontrollü bir fisyon reaksiyon zinciri sağlanmış olur.

Fisyon tepkimelerinin gerçekleştiği güç kaynaklarına **nükleer reaktör** denir. Nükleer reaktörlerin genel yapısı aşağıda gösterilmiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1: Nükleer reaktör

Nükleer santrallerin avantajları şunlardır:

- Birim kütleden elde edilen enerji miktarı yüksektir.
- Küresel ısınmaya neden olacak atık madde oluşmaz.
- İklim koşullarından etkilenmez.
- Dar bir alana kurulabilir.

Nükleer enerji, dünya genelinde birçok ülkede kullanılmaktadır. Ülkemizde ise hâlihazırda bir nükleer santral bulunmamakla birlikte Sinop ve Mersin illerimizde nükleer enerji santralleri kurma çalışmaları devam etmektedir.

3. BÖLÜM

SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

Konular

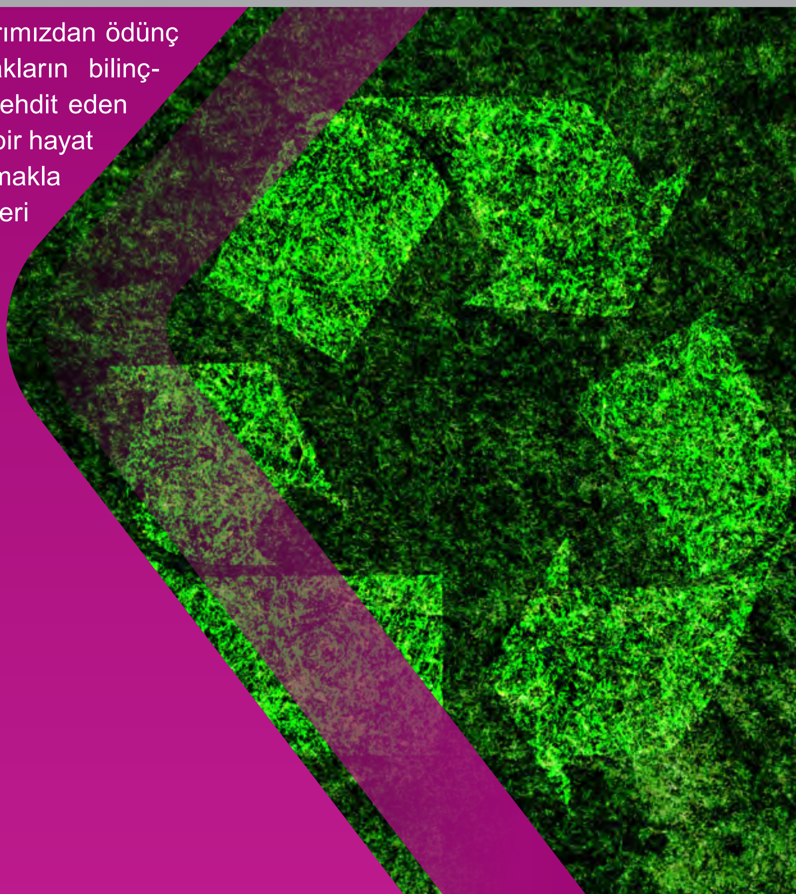
4.3.1. Kimya ve Sürdürülebilirlik
4.3.2. Enerji
4.3.3. Polimerler
4.3.4. Kâğıt
4.3.5. Metal Sektörü

Anahtar Kavramlar

- Sürdürülebilirlik

“Bu dünya atalarımızdan miras kalmadı, onu çocuklarımızdan ödünç aldık.” sözünü duymuşsunuzdur. Dünyadaki kaynakların bilinçsiz kullanım sonucu tükenmesi geleceğin dünyasını tehdit eden önemli sorunların başında gelmektedir. Sürdürülebilir bir hayat ve kalkınma, mevcut kaynakları israf etmeden kullanmakla mümkündür. Yenilenebilir ve temiz enerji kaynakları, geri dönüşüme uygun malzeme kullanımı sürdürülebilirliğin olmazsa olmazıdır.

Bu bölümde yaşanabilir bir hayat için sürdürülebilirliğin önemini ve bunu sağlamanın yollarını öğreneceksiniz.



4.3.1. Kimya ve Sürdürülebilirlik

Sanayi Devrimi'nin ardından bütün dünya, her alanda hızlı bir değişim sürecine girmiş; önce sanayi açısından gelişmiş ülkelerde daha sonra diğer ülkelerde tüketimin ön planda olduğu, doğal kaynakların korunmasının ikinci plana itildiği kontrolsüz bir kalkınma süreci ortaya çıkmıştır. Bu süreçte ormanlar, su sistemleri ve diğer doğal kaynaklar sorumsuzca tahrip edilmiştir.

Çevresel bozulmaların, çevre ve kalkınma arasındaki bağların göz ardı edilmesinden kaynaklandığının anlaşılması ülkeleri bu konuda yeni bakış açıları geliştirmeye ve bu doğrultuda yeni tedbirler almaya götürmüştür. Mevcut bakış açılarından farklı ve bütün dünyayı kapsayan bu yeni süreç; çevre ve kalkınmada **sürdürülebilirlik** kavramıyla adlandırılmıştır.

Sürdürülebilirlik; toplumun, ekosistemin ya da devam eden herhangi bir sistemin ana kaynaklarını tüketmeden belirsiz bir geleceğe dek işlevini sürdürmesidir. Bu kavramın özünde, bütün imkânları sorumsuzca tüketmekten vazgeçmiş, insanlığın bir bütün olduğunun bilincinde, evrensel açıdan dayanışmaya istekli, çevreye saygılı birey, toplum ve buna bağlı olarak da bir ekonomi modeli yatmaktadır.

Sürdürülebilirlik kavramı her alanda olduğu gibi kimya biliminde de yeni bakış açılarının oluşmasını sağlamıştır. Günümüz kimya biliminde kaynakların doğru ve verimli kullanılması, yenilenebilir ve çevreye daha az zarar veren enerji kaynaklarının bulunması ve kullanılması, yenilenebilir malzeme (polimerler, kâğıt ve metal sektörü vb.) üretimi gibi sürdürülebilirlikle doğrudan ilgili çalışmalar önemli bir yer tutmaktadır. Sürdürülebilirliğin bireyden topluma yönelen bir süreç olduğu unutulmamalıdır. Bu süreçte her birey, sorumluluğunun farkında olmalı, duyarlı davranmalı ve üzerine düşen görevleri yerine getirmelidir.

4.3.2. Enerji

Sürdürülebilir bir hayatın ve kalkınmanın olmazsa olmazı enerjidir. Sanayi ve teknoloji alanında gelişen ülkelerin enerji ihtiyacı artar (Görsel 4.9). Günlük hayatta kullanılan teknolojik ürün sayısının artması enerji ihtiyacının artmasına neden olmuştur. Günümüzde devletler doğal enerji kaynaklarına sahip olmak ve bu imkânlara sahip coğrafyalarda üstünlük kurmak amacıyla kıyasıya bir rekabet içindedir.



Görsel 4.9: Elektrik enerjisiyle üretim yapılan fabrika üretim hattı

Ülkemiz ihtiyacı olan enerji kaynaklarının önemli bir bölümünü ithal etmektedir. Bu durum ülke ekonomisini olumsuz etkilemekte ve dışa bağımlılığı artırmaktadır. Bu nedenle mevcut enerji kaynaklarının verimli ve tasarruflu kullanılması gerekmektedir.

Alternatif ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmek, bu konuda bilimsel çalışmalar yapmak, ekonomik tedbirler almak da sürdürülebilir bir hayat ve kalkınmanın olmazsa olmazlarıdır. Ülkemiz, mevcut kaynakların yanı sıra atık maddelerden de enerji üretme konusunda gelişmiş tesislere sahiptir. Bu tesislerde bitkisel ve evsel atıklardan biyogaz üretimi yapılabilmektedir.

4.3.3. Polimerler

Günlük hayatta kullanılan birçok ürünün yenilenebilir ve ucuz maddelerden üretilmesi, sürdürülebilir hayatın ve kalkınmanın bir gerekliliğidir. Bu nedenle polimer adı verilen kimyasal maddeler günümüz dünyasının vazgeçilmez malzemeleri olmuştur.

Çok sayıda küçük molekülün (monomer) birbirine bağlanmasıyla oluşan yüksek molekül ağırlıklı bileşiklere **polimer** denir. Aynı veya farklı türden moleküllerin bir araya gelmesiyle oluşabilen polimerler, halk arasında plastik madde olarak da adlandırılır.

Polimerler doğal hâlde bulunabildikleri gibi (nişasta, protein, DNA, selüloz vb.) sentetik olarak da (PVC, PET, naylon vb.) (Görsel 4.10) üretilebilmektedir. Polimerler; hafif, maliyeti düşük, mekanik özellikleri çoğu kez yeterli, kolay şekillendirilebilen, değişik amaçlarda kullanıma uygun, kimyasal açıdan inert olan ve korozyona uğramayan maddelerdir. Bu özelliklerinden dolayı günlük hayatta kullanılan birçok araç ve gerecin üretilmesinde kullanılmaktadır.



Görsel 4.10: PET şişeler

Aşağıda yaygın olarak kullanılan bazı polimerlerin formülleri ve sentezlendikleri monomerler gösterilmiştir.

Monomer	**Polimer**
$n \cdot CH_2{=}CH_2 \rightarrow$	$\left[CH_2{-}CH_2 \right]_n$
Etilen	Polietilen (PE)
$n \cdot CH_2{=}CH(Cl) \rightarrow$	$\left[CH_2{-}CH(Cl) \right]_n$
Vinil klorür	Polivinil klorür (PVC)
$n \cdot CF_2{=}CF_2 \rightarrow$	$\left[CF_2{-}CF_2 \right]_n$
Tetrafloroetilen	Politetrafloroetilen (teflon)
$n \cdot CH_2{=}CH(C{\equiv}N) \rightarrow$	$\left[CH_2{-}CH(C{\equiv}N) \right]_n$
Akrilonitril	Poliakrilonitril (orlon)

Günlük Hayatta Polimerler

Günlük hayatın vazgeçilmez malzemelerinden olan polimerlerin başlıca kullanım alanları şunlardır.

Tekstil Sanayisi: Tekstil sanayisinde en yaygın kullanılan polimerler polyester ve poliamittir. Esnemeye ve kırışmaya karşı dayanıklı kumaşlarda polyesterden elde edilen dakron kullanılır.



Görsel 4.11: Yalıtılmış kablolar

Elektronik Sanayisi: Polimerler elektronik sanayisinde yalıtkan madde olarak kullanılır. Kablo üretiminde polietilen (PE) ya da polivinil klorür (PVC) kullanılır (Görsel 4.11).

Otomotiv Sanayisi: Otomotiv sektöründe polimerlerin kullanılmasıyla daha hafif araçlar üretilerek yakıt tasarrufu sağlanmaktadır. Otomotiv sektöründe en sık kullanılan polimer kauçuktur. Araç lastiklerinin temel malzemesi olan kauçuk doğal ve yapay olarak elde edilebilmektedir.



Görsel 4.12: Plastik şırıngalar

Sağlık Sektörü: Şırıngalar, eldivenler, bandajlar, serumlar ve gözlükler polimerlerin sağlık sektöründeki bazı kullanım alanlarıdır (Görsel 4.12). Hijyenik eldivenlerin ham maddesi genellikle lateks adı verilen kauçuk bazlı sentetik bir polimerdir.

Yapı Sektörü: Altyapı malzemelerinden ev dekorasyon ürünlerine kadar yapı sektörünün hemen hemen her alanında plastik malzemeler kullanılmaktadır. Yapı sektöründe en sık kullanılan polimer polivinil klorürdür (PVC) ve plastik borularda; kapı, pencere, çatı ve zemin kaplamalarında kullanılmaktadır (Görsel 4.13).



Görsel 4.13: Plastik tesisat boruları

Yiyecek-İçecek Endüstrisi: Günlük hayatta kullanılan birçok ürünün ambalajı polimer maddelerden üretilmektedir. Yiyecek-içecek endüstrisinde sık kullanılan polimerler; polipropilen, polietilen ve polistirendir. Plastik şişelerin üretilmesinde ise genellikle polietilen tetraftalat (PET) kullanılmaktadır.

Giyim Endüstrisi: Giyim endüstrisinde genellikle polyester, poliamit ve orlon olarak bilinen poliakrilonitril (PAN) kullanılmaktadır.

Fotoğraf ve Optik Endüstrisi: Günümüzde fotoğrafçılıkta kullanılan sert ve şeffaf renkli filtreler polikarbonattan üretilmektedir. Gözlük camları ve kontakt lenslerde de polimer kullanılmaktadır.

Polimerlerin Geri Dönüşümü

Polimer maddelerin doğada parçalanması çok uzun yıllar almaktadır. Bu nedenle geri dönüşüm uygulamalarıyla tekrar kullanılması hem doğanın kirlenmesini önlemek hem de ekonomiye katkı sağlamak bakımından oldukça önemlidir (Görsel 4.14).



Görsel 4.14: PET şişelerin geri dönüştürülmesi

4.3.4. Kâğıt

İnsanoğlu geçmişten günümüze çevresinde olup bitenleri merak etmiştir. Bu amaçla sürekli yeni şeyler keşfetmiş, icatlar yapmıştır.

En önemli buluşlardan biri olan ve zamanla insanoğlunun hayatındaki yerini sağlamlaştıran kâğıt, pek çok alanda en çok ihtiyaç duyulan

ürünlerden biridir. Eğitim, sağlık, bilgi teknolojisi, iletişim ve sanayi gibi birçok sektörde yoğun olarak kullanılmaktadır.

Kâğıt; kimyasal odun selülozlarından, odun hamurundan, yıllık bitkilerden üretilen hamur selülozlarından ve atık kâğıt hamurundan elde edilen ara ürünlere çeşitli işlemler uygulanarak üretilir.

Gazete ve kitap basımında kullanılan kâğıtlar kültürel kâğıt; sargılık kâğıtlar, temizlik kâğıtları, kraft torba kâğıdı, oluklu mukavva kâğıtları, kartonlar ve ince, özel kâğıtlar endüstriyel kâğıt grubuna girer (Görsel 4.15). Kâğıt tüketiminin en fazla olduğu sektör ambalaj sektörüdür.



Görsel 4.15: Kitaplık

Ülkemizde en çok oluklu mukavva üretilmektedir (Görsel 4.16). İç pazara yönelik bu üretim daha çok Marmara ve Ege bölgelerinde yapılmaktadır.



Görsel 4.16: Oluklu mukavva

Günümüzde özellikle kâğıt ham maddeleri kaynaklarının yetersizliği, doğal kaynakları koruma ihtiyacı, enerji maliyetlerinin yükselmesi atık kâğıt kullanımını cazip hâle getirmiştir. Atık kâğıt toplanması; kâğıt ve karton ürünlerinin kullanıldıktan sonra geri dönüştürülerek bunlardan ham madde olarak yararlanılması günümüz kâğıt üretim teknolojilerinde mümkün olmaktadır. Böylelikle kullanılmış kâğıtların çöpe atılmasının yarattığı çevre kirliliği ve doğal kaynakların tükenmesi sorunu önlenmektedir.

4.3.5. Metal Sektörü

Yazı yazmak için kullandığınız kalemden oturduğunuz evlerin temel iskeletini oluşturan demirlere, otomobillerden uçaklara kadar her alanda metaller kullanılmaktadır.

Kullanım alanına bağlı olarak kullanılacak metal türü de farklılık gösterir. Örneğin elektrik tellerinde bakır, merdiven tırabzanlarında alüminyum, otomobil jantlarında ise bir metal karışımı olan alaşımlar (Görsel 4.17) kullanılmaktadır.



Görsel 4.17: Eritilmiş metallerden alaşım elde edilmesi

Bir ülkenin sanayi ve ekonomi alanında güçlü olabilmesi için metal sektöründe gelişmesi gerekir. Sektörün üretim ve tüketim büyüklükleri sanayileşmenin temel göstergeleri arasında yer almaktadır. Kişi başına tüketilen çelik, alüminyum ve bakır ürünleri miktarı ülkelerin gelişmişlik düzeyini belirleyen önemli göstergelerden biridir.

Ülkemizde metal üretimi için gerekli olan ham maddeler bulunmakla beraber kalite ve kullanılabilirlik açısından yeterli değildir. Bu nedenle yurt içinde kullanılan demir-çeliğin yaklaşık yarısı ithal edilmektedir.

Metal sektörü hayatın devamlılığı ve ülke ekonomisi için büyük öneme sahiptir. Bu nedenle bu sektörde de sürdürülebilirliğin sağlanması için geri dönüşüm çalışmaları çok önemlidir. Metallerin geri dönüştürülmesiyle (Görsel 4.18) dışa bağımlılığı azaltıp ülke ekonomisine olumlu katkılar sağlamak mümkündür. Geri dönüşümle kazanılan metallerden eşya üretimi işlem sayısını azaltacağından enerji tasarrufu da sağlayacaktır.



Görsel 4.18: Geri dönüşüme hazır metal atıklar

4. BÖLÜM

NANOTEKNOLOJİ

Konular

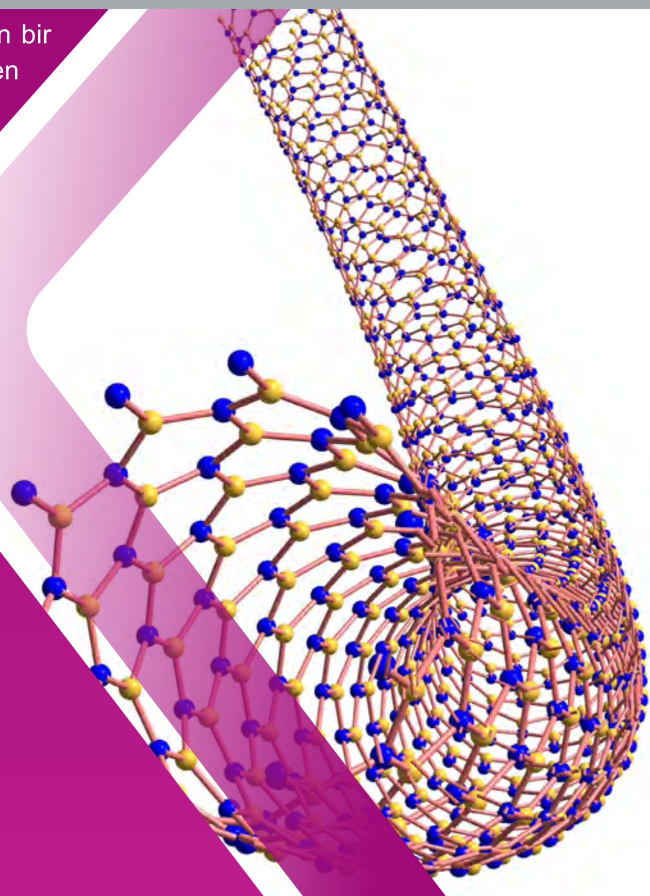
4.4.1. Nanoteknoloji ve Nanoteknoloji Alanındaki Gelişmeler

Anahtar Kavramlar

• Nanoteknoloji

Yanmayan, ıslanmayan, kirlenmeyen, ütüye gerek duymayan bir kumaş üretmek mümkün müdür? Kendi kendini onarabilen maddeler üretilebilir mi? Bilim kurgu filmlerinde benzerlerine sıkça karşılaşılan bu tür süper özellikli ürünler, geleceğin teknolojisi nanoteknolojiyle günlük hayatta yerini alabilecek, böylelikle insanoğlunun dünyadaki serüveni geçmiş dönemlerde hiç olmadığı kadar farklılaşacaktır.

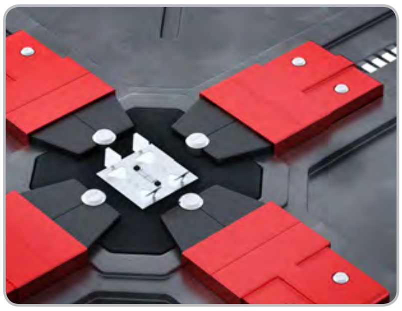
Bu bölümde nanoteknoloji terimi açıklanacak, nanoteknolojinin kullanım hedefleri ve alanları tanıtılacaktır.



4.4.1. Nanoteknoloji ve Nanoteknoloji Alanındaki Gelişmeler

“Nano” bir fiziksel büyüklüğün milyarda biri anlamına gelir. Bir nanometre, metrenin milyarda birine eşit bir uzunluk birimidir. İnsanın saç telinin çapının yaklaşık 100 000 nanometre olduğu düşünülürse bir nanometrenin ne kadar küçük bir birim olduğu daha iyi anlaşılabilir.

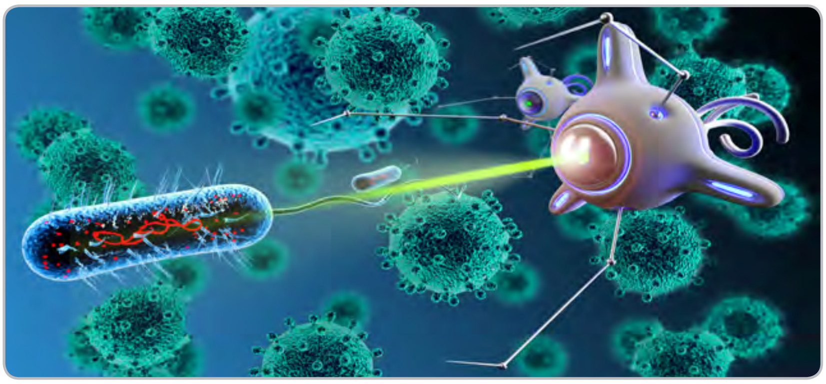
Bir nanometreye yan yana ancak 2-3 atom sığabilir. Yaklaşık 100 ile 1000 arasında atom bir araya gelerek nano ölçeklerde bir nesneyi oluşturur.



Görsel 4.19: Nanoteknolojik materyal üretim robotu

Nanoteknolojinin, malzeme üretiminden elektronik, manyetik, optik, mekanik ve biyomedikal amaçlı işlemlere kadar geniş bir uygulama alanı bulunmaktadır. Günümüzde kullanılan mühendislik malzemelerinin en küçük tane boyutu mikrometreden büyüktür. Nano malzemeler, üstün özelliklerini mikrometreden çok daha küçük boyuttaki yapılarına borçludur. Son dönemde bu alanda yapılan çalışmalar; nano boyutlu malzeme, aygıt ve sistemlerin üretimi üzerine yoğunlaşmıştır (Görsel 4.19). Nanoteknolojiyle yapılabileceklerden bazıları aşağıda sıralanmıştır:

- Mikroskobik boyutlarda bilgisayarlar üretilebilir.
- İnsan beyninin kapasitesi ek nano hafızalarla güçlendirilebilir.
- Birim ağırlık başına şu ankinden 50 kat daha hafif ve çok daha dayanıklı malzemeler üretilebilir.
- Günlük yaşamda kullanılacak yanmaz, leke tutmaz tekstil ürünleri üretilebilir.
- Yeni roket ve uçak tasarımlarının ortaya çıkması mümkün olur.
- Bir milyon sinema filmi alabilen CD ve DVD’ler üretilebilir.
- İnsan vücudundaki hastalıklı dokuyu bulup iyileştiren, ameliyat yapan nano robotlar yapılabilir. (Görsel 4.20).



Görsel 4.20: Nano robotların tıp alanında kullanılması

Günümüzde özellikle bitkisel yağların biyoyakıtlara ve endüstriyel çözeltilere dönüştürülmesinde ihtiyaç duyulacak nano katalizörlerin geliştirilmesi ve tasarımı konusunda ciddi çalışmalar yapılmaktadır.

Bütün bu gelişmeler dünyayı yeniden şekillendirebilecek bilimsel ve teknolojik atılım niteliğindedir. Yeni bilim dönemi; nanobilimi ve nanoteknoloji dönemi olarak başlamıştır.

Nanoteknolojinin Tarihçesi

Nano boyutta bir dünya olduğunu ilk defa ünlü Amerikalı Fizikçi Richard Feynman (Riçırt Faymın) (1918- 1988) ileri sürmüştür. Feynman, 1959 yılında bir konferansta "Aşağıda Daha Çok Yer Var" başlıklı konuşmasında ilk defa nano boyutlardaki gizeme değinmiştir. Maddelerin küçük boyutlarının keşfiyle birçok yeni maddenin ortaya çıkacağını bildirmiştir.

Nanoteknolojinin başlangıcı olarak kabul edilen bu konuşmada nano boyutlarda uğraşların olabilmesi için öncelikle nano ölçekte ölçme ve üretim yöntemlerinin geliştirilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Bu konuşmada ayrıca nanoteknolojinin günlük hayatta birçok kullanım alanının olacağı dile getirilmiştir.

Nanoteknolojide Hedefler

Günümüz dünyasında özellikle savunma sorunları ve yatırımları ön plandadır. Çünkü dünyadaki yer altı ve yer üstü kaynakları azalmakta, buna karşılık insan nüfusu hızlı bir şekilde artmaktadır. Ülkeler sahip oldukları kaynakları daha iyi korumak, kendilerinde olmayanları da daha kolay elde etmek için bilimsel gelişmelere daha çok önem vermektedirler. Artık yurt savunmasında elinde silah, nöbet tutan asker kadar deney tüpüyle laboratuvarlarda araştırmalar yapan bilim insanı da önem kazanmıştır. Bu açıdan ülkemizde de teknolojinin önemi fark edilmiş ve teknoloji üretimi açısından özellikle son yıllarda başarılar elde edilmiştir.

Nanoteknoloji, savunma sanayisinde son dönemde üzerinde en çok çalışılan, yatırım yapılan teknoloji olarak ön plana çıkmaktadır. Bu teknoloji sayesinde canlı ve cansız yapılar uyumlu bir şekilde bir arada çalışabilecektir. Günlerce uyumadan tam performans gösterebilen askerler, insansız uçabilecek ve muhtemel bir arızada kendi kendini tamir edebilecek uçaklar hedeflenen projeler arasındadır.

Çok daha hafif ve bir o kadar dayanıklı malzemelerden üretilecek araçlar sayesinde yakıt tüketiminin azaltılması ve az yakıt ile daha çok performans sağlanması hedeflenmektedir.

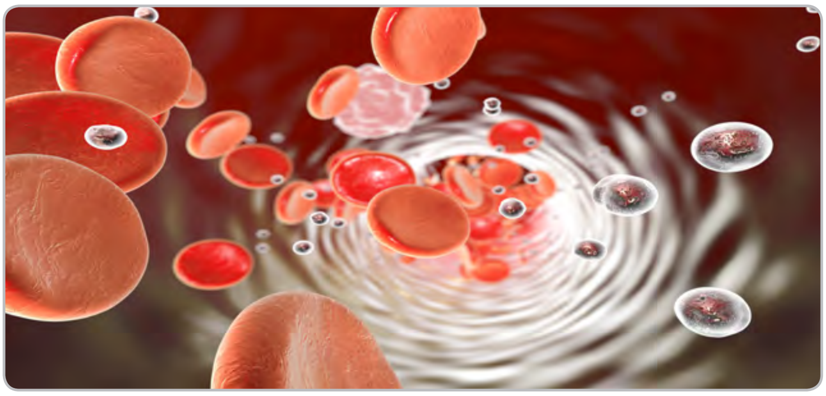
Nanoteknoloji sayesinde sağlık alanında özellikle kanser tedavisinde kemoterapinin tarihe karışmasını sağlayacak çözümler üzerine çalışılmaktadır. Ayrıca kemik içine uygulanabilecek nano protezler üzerinde de yoğun çalışmalar yapılmaktadır.

Günümüzdekilerden çok daha hızlı çalışacak bilgisayarlar, kendi kendisini temizleme özelliğine sahip pencereler, ıslanmayan hatta kirlenmeyen çatal, kaşık ve bıçakların üretilmesi gibi birçok proje nanoteknolojinin hedefleri arasındadır.

Nanoteknoloji ve Gelecek

Nanteknoloji ile insanın yeryüzündeki serüveni başka bir boyuta yükselecektir. Herkesin kendi bilgisayarını ürettiği ve emirler verdiği sistemler oluşturulacak; sosyokültürel hayat, insanın bugüne kadar ürettiği değerlerden tamamen farklı bir görünüm kazanacaktır. Bilimsel alanda

ortaya konulan bütün görüşler ya artık kullanılmayacak ya da bu teknolojinin ortaya çıkardığı yeni bilgilerle uyumlu hâle getirilecektir. Belki de doğada taklit edilemeyen hiçbir şey kalmayacaktır. Kısaca nanoteknolojiyle şekillendirilen dünya insanoğluna birçok yeni imkân sağlayacaktır. Solunum, beslenme ve deri yoluyla vücuda alınan ve kolayca kana karışabilen nanopartiküller; sağlık sorunlarına neden olmaktadır (Görsel 4.21).



Görsel 4.21: Kan dolaşımına karışmış nanopartiküller

Nanoteknolojik ürünler, moleküler özelliklerinden dolayı solunum, sindirim, santral sinir sistemi ve cilt üzerinde toksik etki yapma potansiyeline sahiptir.

Sonuç olarak, pek çok araştırma nanopartiküllerin canlılar üzerinde toksik etkileri olduğunu göstermektedir. İlerleyen yıllarda nanoteknolojinin daha da yaygın hale gelmesi, insanların bu maddelerle temasını ve böylece oluşabilecek riskleri de artıracaktır.

Türkiye'de Nanoteknoloji Çalışmaları

Ülkemizde nanoteknolojinin önemi çok çabuk anlaşılmış, gelişmiş ülkelerle ülkemiz arasındaki bilimsel farkın açılmaması için önemli çalışmalar yapılmış; üniversiteler ve diğer devlet kurumları bu konuda gerekli adımları ivedilikle atmıştır.

TÜBİTAK'ın 2023 programında nanoteknoloji çalışmalarının yol haritası belirlenmiştir. Bu alanda görülen en önemli gelişme ise UNAM'ın (Ulusal Nanoteknoloji Araştırma Merkezi) kurulmasıdır. Nanoteknoloji konusunda araştırma yapan ya da yapma hedefinde olan herkes bu kuruluştan yararlanabilmektedir. Türkiye Bilim Merkezleri Vakfına ait Bilim Merkezinin bir nanoteknoloji atölyesi bulunmaktadır.

Üniversitelerimizde nanoteknoloji ile ilgili bölümler bulunmakta ayrıca bu bölümlerin sayılarının artırılmasına ve gençlerin bu alana ilgi duymasını sağlamaya dönük çalışmalar yapılmaktadır.

Araştırınız

Nanoteknolojinin bilişim alanında kullanılmasıyla meydana gelen değişiklikleri karşılaştıran bir araştırma yapınız. Çalışmanızın sonuçlarını sunum hâline getirerek sınıf ortamında paylaşınız.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI

A) Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcüğü/sözcükleri yazınız.

doğal gaz	jeotermal	petrol	su buharı	karbondioksit	erime sıcaklığı
güneş	fosil	bor	karbonmonoksit	nükleer enerji	kimyasal
odun	kömür	alternatif	kaynama sıcaklığı	fuel oil	ayrımsal damıtma

1. Küresel ısınmaya sebep olan yakıtlara ……………………………… yakıtlar denir.

2. Ham petrol bileşenlerine ……………………………… farkından yararlanılarak ayrılır.

3. Antrasit bir ……………………………… türüdür.

4. Fosil yakıtlar atmosfere en fazla ……………………………… gazı salar.

5. Çevre dostu enerji kaynaklarına ……………………………… enerji kaynakları denir.

6. Evlerde ısınma amacıyla kullanılan petrol ürününe ……………………………… denir.

7. Sıcak su kaynaklarından elde edilen enerjiye ……………………………… enerji denir.

8. Hidrojen yandığında atmosfere sadece ……………………………… verir.

9. Dünya rezervlerinin büyük bir bölümünün ülkemizde bulunduğu maden ……………………………… madenidir.

10. Atom çekirdeğinin parçalanmasından elde edilen enerji ……………………………… dir.

B) Aşağıda numaralar ile verilen ifadeleri, harf ile verilen ifadelerle eşleştiriniz.

		Eşleştirme
11. Petrol	**a)** Ülkemizde en fazla üretilen kâğıt türüdür.	
12. Monomer	**b)** Fosil yakıt	
13. Jeotermal enerjisi	**c)** İlk defa Amerikalı Fizikçi Richard Feynman tarafından ileri sürüldü.	
14. Protein	**ç)** Doğal polimerdir.	
15. Hidrojen enerjisi	**d)** Petrolden elde edilen gazdır.	
16. Oluklu mukavva	**e)** Sıcak sudan elde edilen enerjidir.	
17. Nanoteknoloji	**f)** Polimeri oluşturan birimlerdir.	
18. Biyokütle	**g)** Yandığında yalnızca su buharı oluşturur.	
19. Antrasit	**ğ)** Bitkisel ve hayvansal atıklardan elde edilen enerjidir.	
20. LPG	**h)** Bir kömür türüdür.	

C) Aşağıdaki açık uçlu soruların cevabını boş bırakılan alana yazınız.

21. Geleceğin teknolojisi olan nanoteknolojinin günümüzde bilinen birçok kullanım alanı bulunmaktadır. **Nanoteknolojinin kullanıldığı bilim dallarından beşini yazınız.**

Cevap

22. **Polimer maddeleri tanımlayıp günlük hayatta kullanılan polimerlere üç örnek veriniz.**

Cevap

23. Geleceğin enerji kaynaklarından olan hidrojen yakıtının temel kaynağı borhidrürdür. **Bu durumun sebebini açıklayınız.**

Cevap

24. İnsan vücudundaki kanserli hücreleri yok etmek için kimyasal tedavi yöntemleri kullanılır. Bazı yan etkilerinin olmasından dolayı kimyasal tedavi yöntemine alternatif tedavi yöntemleri arayışları başlamıştır. **Buna göre kimyasal tedavi yönteminin yerini alması beklenen yöntem hangisidir?**

Cevap

25. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte bazı alanlarda kâğıt tüketim miktarı gün geçtikçe azalmaktadır. **Kâğıt tüketiminin azaldığı alanlar hangileridir? Sebeplerini açıklayınız.**

Cevap

26. **Kâğıdın geri dönüşümünün ülke ekonomisine ve çevreye olumlu katkıları nelerdir?**

Cevap

27. **Kimya biliminin sürdürülebilirliğe katkılarını araştırınız.**

Cevap

28. Turhan Nejat Veziroğlu, yaptığı bir konuşmada hidrojenin enerji kaynağı olarak kullanılması gerektiğini ileri sürmüş ve bu görüşü destekleyecek bilgiler vermiştir. **Turhan Nejat Veziroğlu'nun savunduğu görüş nedir?**

Cevap

29. Ülkemizde başta İç Anadolu Bölgesi olmak üzere birçok yerde jeotermal enerji kaynakları bulunmaktadır. **Bu enerji kaynağının kullanım alanları nelerdir?**

Cevap

30. Enerji kaynağı olarak yıllarca kullanılan fosil yakıtlar yerini güneş, rüzgâr, jeotermal gibi alternatif enerji kaynaklarına bırakmaktadır. **Bu durumun sebepleri nelerdir?**

Cevap

31. Biyokütle enerjisinin avantajları hakkında bilgi veriniz.

Cevap

32. Nanoteknolojinin zararları hakkında bilgi veriniz.

Cevap

33. Alternatif enerji kaynaklarından hangilerinin verimi iklim koşullarına bağlı olarak değişmez?

Cevap

D) Aşağıdaki çoktan seçmeli soruları okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

34. Dünyada kâğıt tüketiminin en fazla olduğu sektör aşağıdakilerden hangisidir?

A) Yayıncılık B) Ambalaj C) Temizlik

D) Sağlık E) Kozmetik

35. Mustafa Öğretmen performans ödevinde Ayşe'ye "Evinizde kullanılan plastik su boruları ve pencerelerin ana maddesi olan polimerler hakkında bilgi topla." demiştir. **Buna göre Ayşe aşağıdaki polimer türlerinden hangisiyle ilgili bilgi toplamalıdır?**

A) PET B) Teflon C) PE

D) PVC E) PS

36. Rukiye Öğretmen kimya dersinde polimerlerin geniş kullanım alanlarına sahip olmalarının nedenlerini anlatmaktadır. **Rukiye Öğretmen polimerlerin kullanım nedenleri hakkında aşağıdaki ifadelerden hangisini kullanırsa öğrencilere yanlış bilgi vermiş olur?**

A) Hafif malzemelerdir.

B) Fiziksel ve kimyasal etkilere dayanıklıdır.

C) Geri dönüştürülebilir malzemelerdir.

D) Üretim maliyetleri düşüktür.

E) İnsan sağlığına hiçbir zararı olmayan malzemelerdir.

37. Fosil yakıtların tükenme ihtimaline karşı alternatif enerji kaynakları arayışı hızlanmıştır. Bu enerji kaynaklarından biri de nükleer enerjidir. **Nükleer enerji elde etmek için aşağıdaki elementlerden hangisi kullanılmaktadır?**

A) Uranyum B) Karbon C) Hidrojen

D) Sodyum E) Kadmiyum

38. 12. sınıf öğrencileri Elif ve Hüseyin, çevreyi kirletmeyen ve var olan enerji kaynakları hakkında araştırma yaparak sınıf ortamında tartışmaya karar vermişlerdir. Elif, bu enerji kaynaklarını aşağıdaki gibi sıralamıştır.

I. Güneş

II. Linyit

III. Hidrojen

Hüseyin, Elif'in yukarıda sıraladığı enerji kaynaklarından bazılarının yanlış olduğunu söylemiştir. **Yanlış olan enerji kaynakları aşağıdakilerden hangisinde doğru olarak verilmiştir?**

A) Yalnız II B) I ve II C) I ve III D) II ve III E) I, II ve III

39. Fosil yakıtlar ile ilgili araştırma yapan Şevval, bu yakıtların genel anlamda petrol ve kömür olmak üzere iki gruba ayrıldığını öğrenmiştir. **Buna göre aşağıdakilerden hangisi diğerlerinden farklı bir gruba aittir**?

A) Antrasit B) Linyit C) Kerosen D) Taş kömürü E) Turba

40. Alternatif enerji kaynaklarından hangisinin çevreye verdiği zarar diğerlerinden fazladır?

A) Güneş B) Rüzgâr C) Jeotermal D) Nükleer E) Hidrojen

41. 2030 yılında yaşıyor olsaydınız hayatınızda aşağıdakilerden hangisinin olma ihtimali en zayıf olurdu?

A) Kirlenmeyen gömleklere sahip olma

B) Fosil yakıtlardan arınmış bir dünya

C) Kendisini tamir edebilen polimerler

D) Kanser tedavisinde nanoteknolojinin kullanılması

E) Yeni enerji kaynaklarının keşfi

42. Polimerle ilgili aşağıda verilen yargılardan hangisi yanlıştır?

A) Halk arasında plastik malzemeler olarak bilinir.

B) Doğal ya da yapay olabilir.

C) Bütün polimerler geri dönüşüm ile defalarca kullanılabilir.

D) Polimerler sürdürülebilirliğin önemli bir unsurudur.

E) Polimerlerin keşfiyle kullanılabilir madde çeşitliliği artmıştır.

43. Sürdürülebilirlik, "Gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılamasına engel olmadan günümüz neslinin gereksinimlerini karşılaması" olarak tanımlanır. Sürdürülebilir kalkınma, tükenmeyen doğal kaynakların kullanımının artırılmasıyla ve geri dönüşümlü maddelerin kullanılmasıyla gerçekleştirilebilir. **Buna göre**,

I. Jeotermal enerji, rüzgâr ve güneş enerjisi gibi enerji kaynaklarının sayısını artırmak.

II. Plastik, kâğıt ve cam gibi atıkları geri dönüşümle kazanmak.

III. Elektronik aletleri kullanılmadıkları zamanlarda tamamen kapatmak.

yargılarından hangileri sürdürülebilir kalkınmanın amacına uygundur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II D) II ve III E) I, II ve III

44. Türkiye'deki fosil yakıt kaynakları için aşağıdakilerden hangisi doğrudur?

A) Enerji kaynakları bölgelere eşit dağılmıştır.

B) Kömür rezervleri arasında en yüksek rezerv antrasit kömürüne aittir.

C) Enerji kaynakları vardır, ancak yetersizdir.

D) Petrol rafinerilerinin tamamı petrolün çıkarıldığı bölgelerde bulunur.

E) Türkiye'de doğal gaz kaynağı bulunmamaktadır.

45. Ham petrol; LPG, benzin, mazot, gaz yağı (kerosen), fuel oil, parafin, asfalt gibi bileşenlerden oluşan bir karışımdır. Ham hâliyle kullanılamayan petrol, kaynama noktası farkından yararlanılarak ayrımsal damıtma yöntemiyle bileşenlerine ayrıştırılır.

Ham petrolün bileşenlerine ayrılması için kullanılan ayrımsal damıtma yöntemi aşağıdaki maddelerden hangisini bileşenlerine ayırmak için de kullanılabilir?

A) Kolonya
B) Kumlu su
C) Şekerli su
D) Çeşme suyu
E) Kan

46. Aşağıdakilerden hangisi doğal polimerdir?

A) DNA
B) Teflon
C) Naylon
D) Streç film
E) Orlon ip

47. Aşağıdaki enerji kaynaklarından hangisi kullanılırsa atmosfere CO_2 salınımı olmaz?

A) Benzin
B) LPG
C) LNG
D) Hidrojen
E) Biyokütle

48. Çiftçilik yapan Engin, çiftliğin enerji ihtiyacını karşılamak için bitkisel ve hayvansal atıkları kullanacağı bir tesis kuruyor. **Engin bu tesiste aşağıdaki enerji türlerinden hangisini üretebilir?**

A) Jeotermal
B) Biyokütle
C) Rüzgâr
D) Nükleer
E) Hidrojen

49-50. soruları aşağıdaki metinde yer alan bilgilere göre cevaplayınız.

Önemli bir enerji kaynağı olan fosil yakıtların çevreye verdiği zarar azımsanamayacak kadar büyüktür. 20. yüzyılın ortalarında fark edilen ve fosil yakıtların kullanılmasıyla atmosfere salınan CO_2, SO_2, NO_2 gibi gazların sebep olduğu küresel ısınma ve bu enerjilerin tükenme ihtimalinin olması insanlığı yeni enerji kaynakları arayışına itmiştir. Bu arayışlar sonucu alternatif (temiz, yenilenebilir) enerji türleri olan güneş, rüzgâr, hidrojen enerjileri, nükleer enerji ve sıcak su kaynaklarından elde edilen jeotermal enerji keşfedilmiştir.

49. Aşağıdakilerden hangisi küresel ısınmanın ana sebebidir?

A) Fosil yakıtların aşırı ve bilinçsiz kullanımı
B) Teknolojinin gelişmesi
C) Motorlu araçların varlığı
D) Atmosferdeki gaz oranlarının değişmesi
E) Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması

50. Yukarıdaki parçayı okuyan Mustafa "Alternatif enerji kaynakları keşfedilmeseydi dünya enerji bakımından sıkıntı yaşardı." görüşünü ileri sürmüştür. **Mustafa'nın bu görüşünü en çok destekleyen bilgi hangisidir?**

A) Fosil yakıtların belirli ülkelerin elinde bulunması
B) Bütün teknolojiler için alternatif enerji kaynaklarının gerekliliği
C) Var olan enerji kaynaklarının zamanla tükenme ihtimali
D) Fosil yakıtların sınırlılığı ve küresel ısınmaya neden olması
E) Yeni teknolojilerin keşfedilmesi

1. ÜNİTE ALIŞTIRMA CEVAP ANAHTARI

1.

Tepkime	Yükseltgenme	İndirgenme
$Mg^0(k) \longrightarrow Mg^{2+}(suda) + 2e^-$	X	
$F_2^0(g) + 2e^- \longrightarrow 2F^-(suda)$		X
$Fe^{3+}(suda) + e^- \longrightarrow Fe^{2+}(suda)$		X

2. İndirgen: Fe Yükseltgen: Cu^{2+}

3. a) -1 **b)** +4 **c)** +3 **ç)** +2 **d)** +6

4. a) $C + 2H_2SO_4 \longrightarrow CO_2 + 2SO_2 + 2H_2O$

b) $7NaOH + NaNO_3 + 4Zn \longrightarrow NH_3 + 4Na_2ZnO_2 + 2H_2O$

c) $2H_3AsO_4 + 5H_2S \longrightarrow As_2S_3 + 2S + 8H_2O$

5. I ve II **6.** $Cd_{(k)}$ / Cd^{2+} // Sn^{2+} / $Sn_{(k)}$

7. Mg, Fe aktif, Cu pasif **8.** II > I > IV > III

9. II ve III **10. a)** İstemsiz **b)** İstemli **c)** İstemsiz **ç)** İstemli **11.** 0,6377 V **12.** 20,16 L

13. 9,6 g **14.** n = 3 **15.** 2000 s

16. Katotta 160 cm^3 H_2 gazı, anotta 80 cm^3 O_2 gazı toplanır.

17. 4,48 L **18.** X ve Y

19. a) Sıcaklık, nem ve metalin aktifliği

b) Metallerin aktifliği farklı olduğundan eşit miktarda korozyona uğramaz.

c) Kurban elektrot korunacak metalden daha aktif olmalıdır.

2. ÜNİTE ALIŞTIRMA CEVAP ANAHTARI

1.

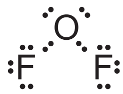
Madde	Organik Bileşik	Anorganik Bileşik
C_2H_5-OH	X	
$Ca(OH)_2$		X
CO		X
CH_3-O-CH_3	X	
CH_3NH_2	X	
HCOOH	X	
Na_2CO_3		X

2.

Molekül Formülü	Basit Formül
C_3H_6	CH_2
C_4H_{10}	C_2H_5
$C_4H_8O_2$	C_2H_4O
$C_6H_{10}O_2$	C_3H_5O
$C_6H_{12}O_6$	CH_2O
CH_3COOH	CH_2O
$C_6H_6O_2$	C_3H_3O

3. CH_3O **4.** $C_5H_{10}O_2$ **5.** 1-b, 2-c, 3-a, 4-ç

6.



7. 12 sigma, 4 pi. Karbon atomlarının hibritleşme türleri sırasıyla; sp, sp, sp^2, sp^3, sp^2 ve sp^2

8. NH_3 molekülünde merkez atom üzerinde bulunan ortaklanmamış elektron çifti bağ elektronlarını iterek molekülü polarlaştırır ve üçgen piramit geometri oluşturur. BH_3 molekülünde merkez atomda ortaklanmamış elektron çifti olmadığından molekül geometrisi düzlem üçgen olur.

3. ÜNİTE ALIŞTIRMA CEVAP ANAHTARI

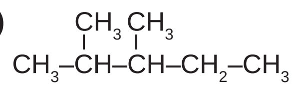
1. a) 2,2,3-Trimetil bütan

b) 2,3-Dimetil pentan

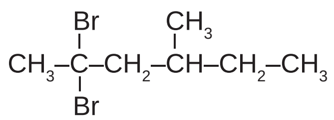
c) 5-Bromo-2-kloro-3-metil hekzan

ç) 3,4,5-Trimetil oktan

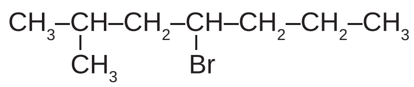
2. a)



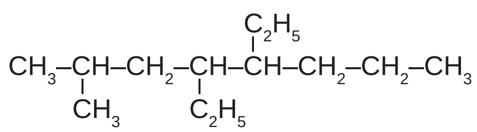
b)



c)



ç)



3. a) 1-Bromo-2,4-dimetil siklohekzan

b) 1-Etil-2-metil siklobütan

4. a) Alkanların karbon sayısı artıkça kaynama noktası yükselir. Bu nedenle $C_3H_8 > C_2H_6$ olur.

b) Alkanların karbon sayısı artıkça yanma sırasında açığa çıkan ısı miktarı artar. Bu nedenle $C_3H_8 > C_2H_6$ olur.

5. a) $CH_2(Br)-CH_2-CH_2-CH_3$ **b)** $CH_3-CH(Br)-CH_2-CH_3$

c) $CH_3-CH(CH_3)-CH_2-Br$ **ç)** $CH_3-C(Br)(CH_3)-CH_3$

6. a) 2,4-Dimetil-2-penten

b) 4-Bromo-3-metil-1-penten

c) 3-Metil-2,4-hekzadien

7. I ve III

8. a) Cis-trans izomerliği gösterir.

b) Cis-trans izomerliği göstermez.

c) Cis-trans izomerliği göstermez.

ç) Cis-trans izomerliği gösterir.

9. a) 1,3-Pentadiin

b) 3-Metil bütin

c) 4,5-Dimetil-2-hekzin

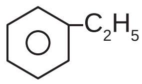
ç) 2-Kloro-5-metil-3-hekzin

10. a) İzopropil metil asetilen **b)** Dietil asetilen

11. Yalnız II

12.

Bileşik Formülü	Sınıfı
$CH_3-CH(OH)-CH_3$	Alkol
$CH_3-C(=O)-C_2H_5$	Keton
$CH_3-CH_2-CH_2-NH_2$	Amin
$C_3H_7-C(=O)-H$	Aldehit

Bileşik Formülü	Sınıfı
$CH_3-CH(Br)-C_2H_5$	Haloalkan
$CH_3-CH(CH_3)-CH_2-C(=O)-OH$	Karboksilik asit
$CH_3-O-C_2H_5$	Eter
	Aromatik hidrokarbon
$C_2H_5-NO_2$	Nitro alkan
$CH_3-CH=CH_2$	Alken

13. a, c, ç, e, f ve g

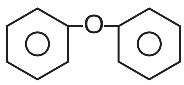
14. a) Sekonder **b)** Tersiyer **c)** Primer **ç)** Sekonder

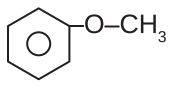
15. a) 2-Etoksi-3-metil-bütan

b) 2-Metoksi propan **c)** Propoksi benzen

ç) 1-Metil-1-metoksi siklohekzan

16. a) $C_3H_7-O-C_3H_7$ **b)** $CH_2=CH-O-CH=CH_2$

c) $C_2H_5-O-C_6H_5$ **ç)** 

d)  **e)** $C_2H_5-O-CH(CH_3)-CH_3$

17. Yalnız III

18. a) 2-Amino propanoik asit

b) 4-Bromo-2-bütenoik asit

c) 2-Bromo-3,4-dimetil pentanoik asit

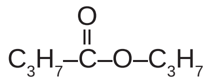
ç) 3-Amino-4-oksi-2-metil pentanoik asit

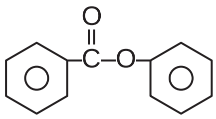
19. a) $CH_3-CH_2-CH_2-C(CH_3)_2-C(=O)-OH$

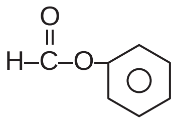
b) $CH_3-CH_2-CH(OH)-C(=O)-OH$

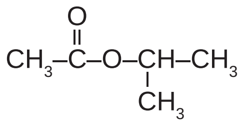
c) $CH_3-CH_2-CH(CH_3)-C(CH_3)_2-CH_2-C(=O)-OH$

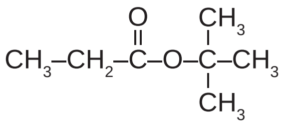
ç) $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-C(=O)-OH$

20. a) 

b) 

c) 

ç) 

d) 

1. ÜNİTE CEVAP ANAHTARI

A

1. peroksit **2.** indirgenme **3.** indirgen **4.** istemsiz

5. tuz köprüsü **6.** elektrot **7.** elektrolit **8.** aktif

9. katot **10.** korozyon

B

11-c **12**-ç **13**-a **14**-b **15**-d

C

16. a) +7 **b)** +7 **c)** +2 **ç)** +3 **d)** +6

17. +2

18.a) $2Bi + 6H_2SO_4 \rightarrow Bi_2(SO_4)_3 + 3SO_2 + 6H_2O$

b) $4AgCl + 2Na_2CO_3 \rightarrow 4NaCl + 4Ag + 2CO_2 + O_2$

c) $2HNO_3 + 3H_2S \rightarrow 2NO + 4H_2O + 3S$

ç) $C + 2H_2SO_4 \rightarrow CO_2 + 2SO_2 + 2H_2O$

19. a) H_2SO_4 **b)** KI **c)** KI **ç)** H_2SO_4

20. I ve III **21.** $E_{pil} = 0{,}587$ V

22. $E_{pil} = 1{,}1592$ V

23. a) I. kap katot, II. kap anot

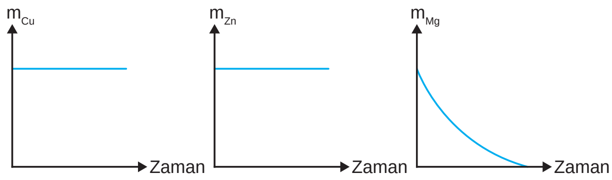
b) II. kap **c)** Azalır.

c) Derişimler eşit olunca pil tepkimesi sona erer.

ç) II. kaba doğru hareket eder.

24. 16 g Cu katısı birikir.

25.



D

26.	C	**27.**	B	**28.**	E	**29.**	E	**30.**	C
31.	B	**32.**	D	**33.**	A	**34.**	E	**35.**	B
36.	D	**37.**	A	**38.**	B	**39.**	D	**40.**	E
41.	D	**42.**	E	**43.**	D	**44.**	D	**45.**	C
46.	D	**47**	B						

2. ÜNİTE CEVAP ANAHTARI

A

1. anorganik **2.** Wöhler **3.** yavaştır.

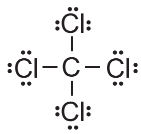
4. molekül formülü **5.** elmas **6.** Berzelius

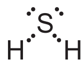
7. grafen **8.** nanotüp **9.** Lewis **10.** sigma bağı

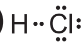
B

11-ç **12**-d **13**-b **14**-a **15**-c

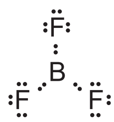
C

16.a) 

b) 

c) 

ç) 

d) 

17. Erime ve kaynama noktaları genellikle düşüktür. Yanıcıdır. Tepkimeleri yavaştır. Sayıları çok fazladır. Genellikle kovalent yapılıdır.

18. $C_3H_8O_2$

19. Eşleşmemiş e^- çiftlerinin bağ e^- çiftlerini itmesi nedeniyle NH_3 molekülü düzlemsel yapıda değildir.

20. a) $C_5H_{10}O_2$ **b)** CH **c)** C_2H_5O **ç)** $C_{12}H_{22}O_{11}$ **d)** CH_2

21. C_3H_6O **22.** CH_3

23. a) 10 sigma, 3 pi **b)** 12 sigma, 3 pi

24. $CH_3–C≡C–CH=C=CH–CH_3$

sp^3 sp sp sp^2 sp sp^2 sp^3

25. a) AX_2 **b)** AX_3E **c)** AX_2E_2 **ç)** AX_2 **d)**AX_4

D

26.	E	**27.**	C	**28.**	C	**29.**	C	**30.**	D
31.	B	**32.**	A	**33.**	C	**34.**	D	**35.**	B
36.	E	**37.**	E	**38.**	C	**39.**	C	**40.**	B
41.	D	**42.**	D	**43.**	D	**44.**	C	**45.**	C
46.	D	**47.**	E	**48.**	D	**49.**	A	**50.**	D
51.	B	**52.**	A	**53.**	E	**54.**	C	**55.**	D

3. ÜNİTE CEVAP ANAHTARI

A

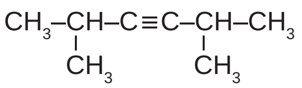
1. hidrokarbon **2.** parafin **3.** izobütan **4.** üç **5.** izomer **6.** olefin **7.** asetilen **8.** fenil **9.** glikol **10.** yüksektir **11.** basit **12.** asetaldehit **13.** bir **14.** karboksil **15.** iki

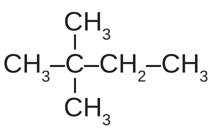
B

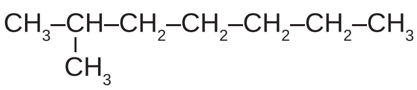
16-g **17**-d **18**-h **19**-b **20**-f **21**-a **22**-c **23**-ç **24**-ğ **25**-e

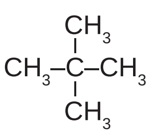
C

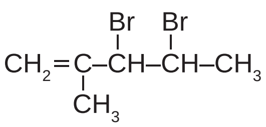
26. a) 3,3-Dimetil-1-büten
b) 5-Metil-1,3-siklohekzadien
c) 3,3,4-Trimetilhekzan **ç)** 4-Metil-2-pentin

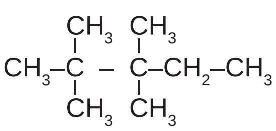
27. a) 

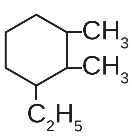
b) 

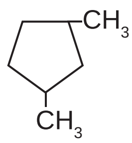
c) 

ç) 

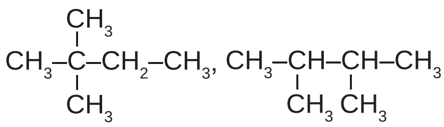
28. a) 

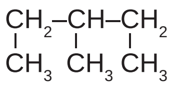
b) 

c) 

ç) 

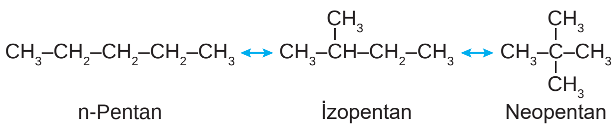
29. $CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_3$,



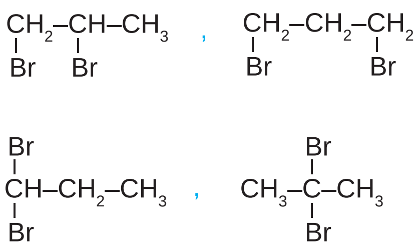


30. a) Toluen **b)** Asetilen **c)** Allil **ç)** Anilin

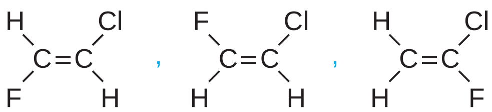
31.



Pentanın izomerlerinin kaynama noktaları n-pentan > izopentan > neopentandır. Kaynama noktalarındaki farklılığın nedeni dallanmanın artmasıyla molekülün temas yüzeyinin azalması ve buna bağlı olarak London kuvvetlerinin zayıflamasıdır.

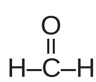
32. 

33. Üç izomeri vardır.



34. Alkenleri alkanlardan ayırt etmek için bromlu su çözeltisi kullanılabilir. 1-büten bromlu suyla tepkimeye girip bromlu suyun kırmızı rengini giderirken bütan bromlu suyla tepkime vermez.

35.

CH_4O	C_2H_6O	CH_2O
$CH_3–OH$	$CH_3–CH_2–OH$	
	$CH_3–O–CH_3$	

36. a) Eter **b)** Keton **c)** Karboksilik asit

ç) Amino asit **d)** Ester

37. a) $CF_2=CF_2$ **b)** $–CF_2–CF_2–$

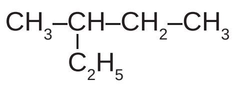
c) $n \cdot CF_2=CF_2 \longrightarrow \left[CF_2–CF_2 \right]_n$

38. a) 10 tane sigma, 1 tane pi **b)** 21 tane sigma, 2 tane pi **c)** 14 tane sigma, 2 tane pi

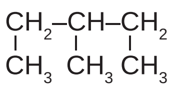
39. 10 tane apolar kovalent bağ, 12 tane polar kovalent bağ

40. a) Alkol **b)** Eter **c)** Aldehit
ç) Karboksilik asit **d)** Keton

41. 2-etil bütan ve 1,2,3–trimetil propan bileşiklerinin IUPAC isimleri yanlıştır. Moleküllerin IUPAC isimleri 3-metil pentandır.



3-Metil pentan



3-Metil pentan

42. a) $CH_2=CH_2 + H_2O \longrightarrow CH_3–CH_2–OH$

b) 9,2 g

43. a) $C_nH_{2n+1}–X + KOH \longrightarrow C_nH_{2n+1}–OH + KX$

b) Alkil halojenür iki karbonludur.

c) Halojenin atom kütlesi 36'dır.

44. 18,4 g **45.** 17,4 g

D

46.	D	47.	C	48.	E	49.	C	50.	C
51.	D	52.	D	53.	C	54.	B	55.	E
56.	C	57.	A	58.	D	59.	C	60.	D
61.	B	62.	B	63.	B	64.	A	65.	A
66.	C	67.	A	68.	B	69.	A	70.	C
71.	D	72.	E	73.	D				

4. ÜNİTE CEVAP ANAHTARI

A

1. fosil **2.** kaynama sıcaklığı **3.** kömür
4. karbondioksit **5.** alternatif **6.** doğal gaz
7. jeotermal **8.** su buharı **9.** bor **10.** nükleer enerji

B

11-b **12**-f **13**-e **14**-ç **15**-g **16**-a **17**-c **18**-ğ **19**-h **20**-d

C

21. Kimya, elektronik, sağlık, biyoteknoloji ve tıp.

22. Çok sayıda küçük molekülün birbirine bağlanmasıyla oluşan büyük moleküllere polimer denir. Teflon, PVC, kevlar gibi maddeler polimerlere örnek olarak verilebilir.

23. Hidrojenin taşınması, depolanması, araçlara doldurulması için en kullanışlı yöntem hidrojenin metal hidrür şeklinde depolanmasıdır. Bu metal hidrürlerin en uygunu ise bor hidrürdür.

24. Nanoteknoloji

25. Eğitim sektöründe kitapların elektronik ortamda kullanılması, resmi yazışmalarda elektronik haberleşme sistemlerinin kullanılması kâğıt tüketimini azaltan gelişmelerdir.

26. Kâğıdın geri dönüşümüyle doğal kaynakların hızla tükenmesi sonucu ortaya çıkabilecek ekonomik problemler azaltılmakta, insanlara yeni iş imkânları ve gelecek nesillere daha güzel bir çevre bırakması sağlanmaktadır.

27. Öğrenci yorumuna bağlıdır.

28. Çevreye verdiği ciddi zararlara karşı kalıcı çözüm yolu olarak hidrojen enerjisini önermiştir.

29. Konut ve seraların ısıtılmasında, elektrik üretiminde, kaplıcalarda, hamamlarda kullanılmaktadır.

30. Fosil yakıtların çevreye verdiği zararlar ve tükenecek olması nedeniyle fosil yakıtlar yerini alternatif enerji kaynaklarına bırakmaya başlamıştır.

31. Kırsal kesimin sosyo-ekonomik yapısında iyileşme sağlar. Enerji tarımını gelişmesini sağlar. Doğal enerji kaynaklarının ve çevrenin korunmasını sağlar.

32. Birçok hastalığın tedavisinde kullanılan nano teknoloji toksik etkisinden dolayı insan sağlığı üzerinde pek çok olumsuz etki yapmaktadır.

33. Jeotermal, nükleer enerji ve hidrojen enerjisi

D

34.	B	35.	D	36.	E	37.	A	38.	A
39.	C	40.	D	41.	B	42.	C	43.	E
44.	C	45.	A	46.	A	47.	D	48.	B
49.	A	50.	C						

SÖZLÜK

SÖZLÜK

A

akrilik : Yapay bir elyaf türü.
aktif metal : Elektron verme eğilimi hidrojene göre yüksek olan metal.
amino asit : Bir amino grubu ile bir karboksil grubu taşıyan, proteinlerin temel yapı taşı olan organik bileşik.
analiz : Bir maddenin birleşimindeki yalın cisimlerin niteliğini veya niceliğini anlamak için yapılan işlem, tahlil, çözümleme.
anestezi : Canlı vücudunun tümünde veya bir bölgesinde ağrı, ısı, ışık ve dokunma gibi tüm duyuların ortadan kaldırılması, duyu yitimi.
anot : Elektrotik hücrede artı kutup.
antiseptik : El, yüz veya vücuttaki hastalık yapan mikroorganizmaları etkisiz hâle getirme veya yok etmek için kullanılan madde.
anyon : Negatif elektrikle yüklü iyon.
ayıraç : Maddeleri kimyasal birleşime veya ayrışıma uğratarak niteliklerini belirlemede kullanılan bileşikler, belirteç.

B

batarya : Kimyasal enerjiyi elektrik enerjisine çeviren araç, pil.
bileşik : Kimyasal tepkimeler sonucu iki veya daha çok elementten oluşan ve bunlardan farklı fiziksel, kimyasal nitelikler gösteren (madde).
biyokütle : Belirli zamanda sınırları belirli bir biyolojik ortamda bulunan canlı organizmaların toplam kütlesi.
biyosensör : Biyolojik bir olayı elektriksel sinyale dönüştüren alıcı.

Ç

çözelti : Çözünme sonucu ortaya çıkan madde.
çözücü : Başka bir maddeyi çözme özelliği olan madde.
çözünme : Bir sıvı ile karışan katı, sıvı veya gaz durumundaki bir maddenin bu sıvı içinde homojen bir bütün oluşturacak biçimde karışması.
çözünürlük : Birim hacimde (100 g çözücü) çözünen madde miktarı.

D

derişik : Benzerlerine göre birim hacimdeki çözünen miktarı fazla olan madde, seyreltik karşıtı.
derişim : Bir ortamda bulunan belirli bir maddenin kütle veya hacminin, içinde bulunduğu ortamın kütle veya hacmine oranı, konsantrasyon.
dezenfektan : Mikrop kırma özelliği olan madde.

E

ekolojik denge : İnsan, hayvan, bitki gibi bütün canlıların yaşamsal faaliyetlerini sürdürmek için gerekli olan şartlar bütünü ve bu şartların da birbiriyle ilişkili olması.
ekosistem : Belirli bir alanda bulunan canlılar ile bunları saran çevrenin karşılıklı ilişkileri ile meydana gelen ve süreklilik gösteren ekolojik sistem.
ekzotermik : Isı açığa çıkaran, ısıveren.

F

fermantasyon : Organik maddelerin bazı mikroorganizmalarca salgılanan enzimler etkisiyle uğradığı kimyasal değişiklik.
filtre : Süzme işlevi gören alet

G

geri dönüşüm : Atıkların yeniden değerlendirilmesi durumu.
gliserin : Yağlı maddelerden, sabunlaştırma yoluyla çıkarılan, renksiz, tatlı şurup kıvamındaki sıvı.

H

halojen : 7A grubu elementleri.
hidroliz : Bir molekülün su etkisiyle parçalanmasını sağlayan tepkime.
hidrür : Hidrojenin -1 değerlik aldığı bileşik.
Hoffman voltametresi : Suyun elektrolizle ayrıştırılmasında kullanılan bir alet.

İ

iletken : Akım, ısı, ses vb.ni geçiren madde, yalıtkan karşıtı.
ivedilik : Çabuk, hemen yapılma gerekliği.
iyon : Bir veya daha çok elektron kazanmış veya kaybetmiş bir atom veya bir atom grubundan oluşmuş elektrik yüklü parçacık, yükün.

K

kapasite : 1. Bir şeyi içine alma, sığdırma sınırı, kapsama gücü, sığa. 2. Üretim miktarı.
katalizör : Kimyasal tepkimenin molekül yapısını değiştirmeden hızının değişmesini sağlayan, katalitik etkiye yol açan madde.
kondansatör : İki iletken parçanın arasına bir yalıtkan parça koyularak elektrik enerjisini depolamaya yarayan elektronik devre elemanı, meksefe.
konsantrasyon : Bir ortamda bulunan belirli bir maddenin kütle veya hacminin, içinde bulunduğu ortamın kütle veya hacmine oranı.
kontak lens : Gözün saydam tabakasının üzerine doğrudan uygulanan, görmeyi düzeltici mercek.
kovalent bağ : İki ametal arasında iki elektronun ortak kullanılmasıyla oluşan bağ.
kozmetik : Cildi ve saçları güzelleştirmeye, canlı tutmaya yarayan her türlü madde.

L

London kuvvetleri : Apolar tanecikler arasında etkili olan zayıf etkileşim türü.

M

materyal : Belirli bir işi yapmak için kullanılması gereken maddeler, malzeme.
metalürji : Metal bilimi.
molekül : Element veya bileşikleri oluşturan ve onların özgül niteliklerini gösteren en küçük birim, madde.

N

nanoteknoloji : Maddenin atomik veya moleküler boyutta işlenerek mikroskobik boyutta ürünlerin üretilmesi yöntemi.
naylon : Dayanıklı ve esnek döküm maddesi.
nicel analiz : Bir karışımın içindeki madde miktarlarını ölçmek için yapılan çözümleme işlemi.
nitel analiz : Bir karışımda hangi maddelerin olduğunu anlamak için yapılan çözümleme işlemi.

O

oksit : Elementlerin oksijenle yaptığı bileşik.
optik : Fizik biliminin ışık olaylarını inceleyen kolu.
orbital : Bir atomda elektronun bulunma olasılığın yüksek olduğu yer.

P

petrokimyasal : Petrolden elde edilen kimyasal madde.
plastik : Isı ve basınç etkisiyle biçim verilen, organik veya sentetik olarak yapılan polimer madde.
polyester : Tahta üzerine sürüldüğünde koruyucu, parlak bir katman oluşturan poliasidin doymamış alkollere veya glikollere etkimesiyle elde edilen kimyasal madde.

R

radikal : Ortaklaşmamış bir elektronu bulunan atom, molekül veya iyonlara verilen ad.
rafineri : Petrol vb. maddelerin arıtıldığı yer.
reaktif : Tepkimeye giren madde.
referans : Elementlerin atom kütlesini hesaplamak için baz alınan değer.
rezerv : Yatağında veya havzasında bulunduğu hesaplanan, henüz işletilmemiş kömür, demir, petrol vb.

S-Ş

seyreltik : Benzerlerine göre birim hacimdeki çözünen miktarı az olan madde, derişik karşıtı.
soy metal : Aktifliği hidrojenden az olan metal.
süperkapasitör : Elektrik enerjisini depolayan bir tür cihaz.

T

termik santral : Yakıtla açığa çıkan ısıdan elektrik üreten santral.
tesir değerliği : Elektrokimyasal tepkimelerde alınan ya da verilen elektron sayısı.
transistör : Germanyum veya silisyum elementlerinin yarı iletkenlik özelliklerinden yararlanılarak imal edilen, elektronik tüplerin elektrik titreşimlerini genişletmekte kullanılan, sağlam yapılı ve uzun ömürlü alet.

U

uranyum : Nükleer enerji üretiminde kullanılan radyoaktif bir element.

Ü

üreteç : Herhangi bir mekanik enerjiyi elektrik akımına çeviren aygıt.

V

voltmetre : Bir elektrik devresindeki potansiyel farkını volt cinsinden ölçmeye yarayan alet.

DİZİN

KAYNAKÇA

YARARLANILAN ESERLER

Atkins, P., & Jones, L. (1998). Temel Kimya Moleküller, Maddeler ve Değişimler. (E. Kılıç, F. Köseoğlu, & H. Yılmaz, Çev.) Ankara: Bilim Yayıncılık.

Balcı, M. (2008). Organik Kimya Reaksiyon Mekanizmaları. Ankara: Türkiye Bilimler Akademisi.

Chang, R., & Goldsby, K. A. (2016). Genel Kimya Temel Kavramlar. (R. İnam , S. Aksoy, & T. Uyar, Çev.) Ankara: Palme Yayıncılık.

Hart, H., Craine, L., Hart, D., & Hadad, C. (2015). Organik Kimya. (T. Uyar, & R. İnam, Çev.) Ankara: Palme Yayıncılık.

Petrucci, R., Herring, F., Madura, J., & Bissonnette, C. (2015). Genel Kimya İlkeler ve Modern Uygulamalar (Cilt 1, 2). (T. Uyar, S. Aksoy, & R. İnam, Çev.) Ankara: Palme Yayıncılık.

Solomons, G., Fryhle, C., & Snyder, S. A. (Eylül 2016). Organik Kimya. (C. Uyanık, Çev.) İstanbul: Literatür Yayınları.

T.C. Millî Eğitim Bakanlığı, Ortaöğretim Kimya Dersi Öğretim Programı. (2018). Ankara.

Tunalı, N. K., & Aras, N. K. (1977). Kimya Temel Kavramlar. Ankara: Başarı Yayınları.

Türk Dil Kurumu. (2011). Türkçe Sözlük. Ankara: Türk Dil Kurumu Yayınları.

Türk Dil Kurumu. (2012). Yazım Kılavuzu. Ankara: Türk Dil Kurumu.

GÖRSEL KAYNAKÇA (Son Erişim Tarihi: 11.06.2018)

Kitap Kapağı: shutterstock_394210885.

1. ÜNİTE (KİMYA VE ELEKTRİK)

1. Ünite Kapağı: dreamstime_xl_73073094, **1. Bölüm Kapağı:** dreamstime_xl_46793440, **Görsel 1.1:** shutterstock_613880420, **Görsel 1.2:** dreamstime_xl_69218180, **Görsel 1.3:** shutterstock_77393467, **2. Bölüm Kapağı:** shutterstock_402790303, **3. Bölüm Kapağı:** shutterstock_479578573, **Görsel 1.4:** shutterstock_523894567, **Görsel 1.5:** https://library.si.edu/image-gallery/74008, **Görsel 1.6:** http://www.tap.org.tr/, **4. Bölüm Kapağı:** dreamstime_xl_62883130, **Görsel 1.7:** dreamstime_xl_19582019, **Görsel 1.8:** dreamstime_xl_12958870, **5. Bölüm Kapağı:** dreamstime_xl_94756171, **Görsel 1.9:** dreamstime_xl_21584805, **Görsel 1.10:** shutterstock_31685875, **Şekil 1.21:** shutterstock_183987851, **6. Bölüm Kapağı:** dreamstime_xl_54563221, **Görsel 1.11:** shutterstock_313771277, **Görsel 1.12:** dreamstime_xl_55829187, **Görsel 1.13:** dreamstime_xl_57762291, **Görsel 1.14:** dreamstime_xl_95397629.

2. ÜNİTE (KARBON KİMYASINA GİRİŞ)

1. Ünite Kapağı: shutterstock_87653500, **1. Bölüm Kapağı:** dreamstime_xl_26085795, **Görsel 2.1:** dreamstime_xl_27516502, **Görsel 2.2:** dreamstime_xl_48906716, **Bilgi Kutusu:** shutterstock_514586563, **2. Bölüm Kapağı:** shutterstock_402790303, **3. Bölüm Kapağı:** shutterstock_218475847, shutterstock_510891517, **Şekil 2.1:** dreamstime_79323583, **Görsel 2.3:** dreamstime_xl_2796964, **Görsel 2.4:** shutterstock_182976011, **Şekil 2.2:** shutterstock_24510613, **Şekil 2.3:** shutterstock_350946668, **Görsel 2.5:** dreamstime_xl_62706467, **Görsel 2.6:** dreamstime_xl_23786180, **Görsel 2.7:** dreamstime_xxl_20132941, **Görsel 2.8:** shutterstock_567019438, **Görsel 2.9:** dreamstime_xl_79172459, **Görsel 2.10:** dreamstime_xl_91585742, **4. Bölüm Kapağı:** shutterstock_784547146, **5. Bölüm Kapağı:** dreamstime_83687244.

KAYNAKÇA

3. ÜNİTE (KARBON KİMYASINA GİRİŞ)

1. Ünite Kapağı: shutterstock_282735845, **1. Bölüm Kapağı:** shutterstock_539042923, **Görsel 3.1:** shutterstock_519720052, **Bilgi Kutusu:** https://iupac.org/, **Görsel 3.2:** shutterstock_238304062, **Görsel 3.3:** shutterstock_153398792, **Görsel 3.4:** shutterstock_526942291, **Görsel 3.5:** shutterstock_293309177, **Okuma Parçası:** shutterstock_577056808, **Görsel 3.6:** shutterstock_665675701, **2. Bölüm Kapağı:** shutterstock_767631862, **3. Bölüm Kapağı:** shutterstock_606682490, **Görsel 3.7:** shutterstock_4914640, **Görsel 3.8:** shutterstock_751694491, **4. Bölüm Kapağı:** shutterstock_377609446, **Görsel 3.9:** shutterstock_671365825, **Görsel 3.10:** shutterstock_252139516, **5. Bölüm Kapağı:** shutterstock_346266923, **Görsel 3.12:** shutterstock_460888627, **Görsel 3.13:** shutterstock_139491509, **6. Bölüm Kapağı:** shutterstock_542128069, **Görsel 3.14:** shutterstock_632570468, **Görsel 3.15:** shutterstock_499364185, **Görsel 3.16:** shutterstock_730399681, **Görsel 3.17:** shutterstock_350421704, **Görsel 3.18:** shutterstock_151881836, **Görsel 3.19:** shutterstock_187967735, **Görsel 3.20:** shutterstock_520248940, **Görsel 3.21:** shutterstock_525667339, **Görsel 3.22:** shutterstock_130008878, **7. Bölüm Kapağı:** shutterstock_768022039, **Görsel 3.23:** shutterstock_728679982, **Görsel 3.25:** shutterstock_152562296, **Görsel 3.25:** shutterstock_145072465.

4. ÜNİTE (ENERJİ KAYNAKLARI VE BİLİMSEL GELİŞMELER)

1. Ünite Kapağı: shutterstock_405816808, **1. Bölüm Kapağı:** shutterstock_108164336, **Görsel 4.1:** shutterstock_178208156, **Görsel 4.2:** shutterstock_25454920, **2. Bölüm Kapağı:** shutterstock_97843214, **Görsel 4.3:** shutterstock_99780338, **Görsel 4.4:** shutterstock_31746814, **Görsel 4.5:** shutterstock_43214320, **Görsel 4.6:** shutterstock_262257380, **Görsel 4.7:** http://www.maden.itu.edu.tr/muze/images/BDolap5-6/i01.jpg, **Okuma Parçası:** https://www.ohu.edu.tr/drv-team/sayfa/prof-dr-turhan-nejat-veziroglu, **Görsel 4.8:** shutterstock_432296797, **Şekil 4.1:** shutterstock_178968431, **3. Bölüm Kapağı:** shutterstock_646805404, **Görsel 4.9:** shutterstock_732811756, **Görsel 4.10:** shutterstock_502265629, **Görsel 4.11:** shutterstock_370043891, **Görsel 4.12:** shutterstock_726007612, **Görsel 4.13:** shutterstock_772213126, **Görsel 4.14:** shutterstock_599435528, **Görsel 4.15:** shutterstock_625928900, **Görsel 4.16:** shutterstock_379815613, **Görsel 4.17:** shutterstock_233297155, **Görsel 4.18:** shutterstock_98600195, **4. Bölüm Kapağı:** shutterstock_405816808, **Görsel 4.19:** shutterstock_717317920, **Görsel 4.20:** shutterstock_686322784.jpg, **Görsel 4.21:** shutterstock_472119097.

YARARLANILAN GENEL AĞ ADRESLERİ

Genel Ağ Adresleri	Erişim Tarihi
https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/7640/mod_resource/content/0/3.Esterle%C5%9Fme.pdf	16.01.2018
http://yunus.hacettepe.edu.tr/~mutlud/dersnotlari/karboksillik_asit_p.pdf	20.11.2017
http://www.saujs.sakarya.edu.tr/download/article-file/282224	15.12.2017
http://web.deu.edu.tr/metalurjimalzeme/pdf/kim2013Fizikokimya/Ders%20Elektrokimya%20II%202016-2017.pdf	02.01.2018
http://kim.muhendislik.omu.edu.tr/files/kim.muhendislik/files/SABUN-SENTEZ%C4%B0.pdf	11.11.2017
https://iupac.org/who-we-are/our-history/	15.12.2017
http://www.tyb.org.tr/kagidin-ve-yazinin-seruveni-ile-medeniyetin-gelisimi-arasinda-siki-bir-paralellik-var-14879h.htm	18.12.2017
http://www.tyb.org.tr/kagidin-ve-yazinin-seruveni-ile-medeniyetin-gelisimi-arasinda-siki-bir-paralellik-var-14879h.htm	18.12.2017

Genel Ağ Adresleri	Erişim Tarihi
http://www.bby.hacettepe.edu.tr/e-bulten/dosyalar/file/Mart%202013/dalkiran_2013.pdf	15.12.2017
http://dergipark.gov.tr/download/article-file/192013	18.12.2017
http://www.yildiz.edu.tr/~devrimo/Devrim_Ozhendekci_Celik1_Ders-Notu-1.pdf	18.12.2017
http://content.lms.sabis.sakarya.edu.tr/Uploads/48956/41772/demircelik_dersnotu.pdf	18.12.2017
http://www.eba.gov.tr/video/izle/9234d193da61a3f86436085655d05d0d1ac9e1b352031	18.12.2017
aves.istanbul.edu.tr/ImageOfByte.aspx?Resim=8&SSNO=10&USER=1781	18.12.2017

KAREKOD UZANTILARI

Sayfa 16: http://www.eba.gov.tr/video/izle/02587556f86fc77034f0bb8b0623e15f720da81ed6051

Sayfa 18: http://www.eba.gov.tr/video/izle/02587a4e51ff9a0f94586bdbaf086ff8f81e281ed6003

Sayfa 55: http://www.eba.gov.tr/video/izle/2035ada7c49ea6e2b4508867b220fe45fcf5eaface002

Sayfa 66: http://www.eba.gov.tr/video/izle/71865b2b0ef923ca8488e94e3575c4e27ba87627a6001

Sayfa 72: http://www.eba.gov.tr/video/izle/9030dbc3fb094c6f7401a8fc768579fc262141b352045

Sayfa 85: http://www.eba.gov.tr/video/izle/video4f4de667ea92a

Sayfa 88: http://www.eba.gov.tr/video/izle/6084dbc3fb094c6f7401a8fc768579fc262141b352011

Sayfa 97: http://www.eba.gov.tr/video/izle/86675eb60e20463874d018588fc3359a472802d09c002

Sayfa 107: http://www.eba.gov.tr/video/izle/8619dbc3fb094c6f7401a8fc768579fc262141b352049

Sayfa 205: http://www.eba.gov.tr/video/izle/39189bde417f61c6a41f99cc0ad06c5a3476c295c2001